

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Návrh a testování geometrie soustružnické VBD se
zaměřením na její užité vlastnosti

Design and Testing Focused on Utility Properties of Cutting
Insert

Student:

Luboš Pospíšil

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Zlámal, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání bakalářské práce

Student: **Luboš Pospíšil**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh a testování geometrie soustružnické VBD se zaměřením na její užité vlastnosti**
Design and Testing Focused on Utility Properties of Cutting Insert
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Charakteristika dané problematiky.
3. Návrh experimentální činnosti.
4. Zpracování naměřených dat a jejich vyhodnocení.
5. Závěr a doporučení.

Seznam doporučené odborné literatury:

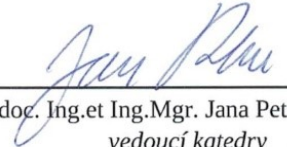
- [1] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [2] ČEP, Robert. *Zkoušky nástrojů z řezné keramiky v podmínkách přerušovaného řezu – disertační práce*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava Fakulta strojní, 2005. 101 s.
- [3] WHITNEY, E. Dow. *Ceramics Cutting Tools – Materials, Development and Performance*. Gainesville, Florida : Noyes Publication New Jersey, 1994, 350 p. ISBN 0-8155-1355-0.
- [4] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [5] VASILKO, Karol. *Analytická teória trieskového obrábania*. Prešov : COFIN Prešov, 2007. 338 s. ISBN 978-80-8073-759-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Zlámal, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017


doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě15.5.2017.....


..........

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15.5.2017



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Luboš Pospíšil

Adresa trvalého pobytu autora práce: Rychnov na Moravě 202, 569 34

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

POSPÍŠIL, L. *Návrh a testování geometrie soustružnické VBD se zaměřením na její užité vlastnosti: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2017, 63 s. Vedoucí práce: Ing. Tomáš Zlámal, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem a testováním geometrie soustružnické VBD se zaměřením na její užité vlastnosti. Tento projekt probíhal za spolupráce firmy Pramet Tools, jakožto pomoc při konstruování, výrobě i testování VBD. Hlavním cílem práce je otestování utváření a lámání třísky čtyř nově navrhnutých a zkonstruovaných vyměnitelných břitových destiček se shodným typem utvařeče, který má ovšem jiné úhly a to 8°, 13°, 20° a 30°. První část práce je zaměřena na teoretiku dané problematiky, která je nezbytná pro pochopení a vyhodnocení daných výsledků v navazující experimentální části, ze které vyplynuly zásadní výsledky této práce pro praktické využití různých úhlů utvařečů použitých při odlišných řezných podmínkách a typech soustružnických operací.

Klíčová slova

Soustružnické VBD, úhel utvařeče třísek, utvařeč třísek, geometrie utváření třísky

BACHELOR THESIS ANNOTATION

POSPÍŠIL, L. *Design and Testing Focused on Utility Properties of Cutting Insert: Bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2017, 63 s. Thesis head: Ing. Tomáš Zlámal, Ph.D.

The bachelor thesis deals with the design and testing of turning geometry VBD with a focus on its utility properties. This project was carried out in cooperation with Pramet Tools as a help in the design, production and testing of VBD. The main aim of the thesis is to test formation and breaking chips by the cutting insert four newly designed and constructed interchangeable cutting inserts with the same type of breaker, which has other angles 8 °, 13 °, 20 ° and 30 °. The first part of the thesis is focused on the theoretical knowledge of the given problems, which is necessary for the understanding and evaluation of the results in the following experimental part, from which the results of this work have

emerged for the practical use of different angles of fusers used in different cutting conditions and types of turning operations.

Key words

Turntable inserts, angle of chip breaker, chip breaker, geometry of formation of chip

Poděkování

Tímto bych rád vyjádřil svůj dík vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Tomáši Zlámalovi, Ph.D. za konzultace, připomínky a rady, které mi poskytoval v průběhu tvorby této práce.

Dále bych chtěl poděkovat firmě Pramet Tools a všem jejím zaměstnancům, zvláště panu Ing. Pavlu Krahulovi, který mi poskytl mentorskou pomoc při navrhování VBD, psaní bakalářské práce a při průběhu experimentální činnosti, protože bez nich by tato bakalářská práce vůbec nemohla vzniknout.

Děkuji též své rodině, za podporu a umožnění studia, své snoubence za podporu při psaní bakalářské práce, všem blízkým, kteří se podíleli na připomínkování a v neposlední řadě Petře Blahunkové za korekci gramatiky.

Obsah

Seznam zkratk a značek	10
Úvod.....	12
1. Charakteristika dané problematiky	13
1.1 Pramet Tools	13
1.2 Soustružení.....	13
1.2.1 Řezné pohyby	13
1.2.2 Řezné podmínky	14
2. Geometrie VBD	16
2.1 Základní úhly nástroje	17
2.2 Geometrie utváření třísek.....	20
2.2.1 Geometrie utvařeče třísky	20
2.2.2 Geometrie fazetky.....	23
2.2.3 Geometrie řezné hrany	24
2.3 Technologie výroby VBD.....	25
2.3.1 Základní výrobní suroviny.....	25
2.3.2 Mletí výrobních surovin.....	25
2.3.3 Sušení břečkovité hmoty.....	26
2.3.4 Lisování polotovaru VBD.....	26
2.3.5 Slinování polotovaru VBD	26
2.3.6 Broušení VBD.....	26
2.3.7 Povlakování VBD	27
2.3.8 Značení a balení VBD.....	30
2.4 Tvary a značení VBD podle ISO	30
3. Soustružnické nože pro upínání VBD	33
3.1 Způsoby upínání vhodné pro vnější soustružení.....	33
3.2 Značení nožů podle ISO – vnější soustružení.....	36
4. Vliv utváření na oceli 12050.9	38

4.1 Rozdělení konstrukčních materiálů a univerzální geometrie pro jejich obrábění	39
5. Experimentální část práce	43
5.1 Navržený typ VBD pro experiment	45
5.2 Nožový držák PCLNR/L 2525 M 12	46
5.3 VBD CNMM 120408 – SMUH – P01	47
5.4 VBD CNMM 120408 – SMUH – P02	49
5.5 VBD CNMM 120408 – SMUH – P03	51
5.6 VBD CNMM 120408 – SMUH – P04	53
5.7 Výsledky experimentální práce	55
6. Závěr	56
Seznam použité literatury	58
Seznam příloh	59
Přílohy	60
Příloha A	60
Příloha B	61
Příloha C	62
Příloha D	63

Seznam zkratk a značek

Symbol	Význam	Jednotka
CVD	- chemical vapour deposition	[-]
HB	- tvrdost	[-]
PVD	- physical vapour deposition	[-]
VBD	- vyměnitelná břitová destička	[-]
a_p	- hloubka řezu	[mm]
b	- vzdálenost koncové hrany žlábků od ostří	[mm]
b_d	- šířka držáku	[mm]
f_n	- posuv	[mm]
h	- hloubka žlábků	[mm]
h_1	- výška držáku	[mm]
l_1	- délka držáku	[mm]
l_2	- délka hlavy držáku	[mm]
r_ϵ	- nástrojový poloměr špičky	[-]
v_c	- hlavní řezný pohyb	[-]
v_f	- posuvový pohyb	[-]
v_e	- výsledný řezný pohyb	[-]
x	- šířka fazetky	[mm]
α_o	- úhel hřbetu v ortogonální rovině	[°]
α_n	- úhel hřbetu v normálové rovině	[°]
β_o	- úhel břitu v ortogonální rovině	[°]

γ_o	- úhel čela v ortogonální rovině [°]
γ_x	- úhel fazetky [°]
λ_s	- úhel sklonu ostří [°]
κ_r	- úhel nastavení hlavního ostří [°]
κ'_r	- úhel nastavení vedlejšího ostří [°]

Úvod

V této bakalářské práci je řešen návrh a testování geometrie soustružnické vyměnitelné břitové destičky se zaměřením na její užité vlastnosti, potažmo vliv makro a mikro geometrie na utváření třísky. Vyměnitelné břitové destičky ze slinutého karbidu, ať už povlakované nebo nepovlakované, s různým tvarem, geometrií břitu, geometrií utvařeče třísek a fazetky, mají velký vliv na efektivitu, kvalitu a ekonomičnost obrábění. Hlavním cílem bylo teoreticky a experimentálně vyzkoumat, která ze čtyř navržených a zkonstruovaných vyměnitelných břitových destiček, které mají odlišné úhly utvařeče, bude nejlépe utvářet a lámat třísky.

Práce je rozdělena na 2 základní části, a to teoretickou a experimentální. V teoretické části je okrajově představena firma Pramet Tools, která je předním světovým výrobcem řezných nástrojů pro strojírenský průmysl. Dále soustružení, jeho řezné pohyby a podmínky. Již podrobněji se zabývá samotnou geometrií vyměnitelných břitových destiček, základními úhly nástroje, které nejvíce ovlivňují rozhodování pro konstrukci a výběr VBD, zásadním vlivem působí na trvanlivost nástroje, jeho pevnost a kvalitu obráběného povrchu, čili též aspektu výhodného použití, z hlediska ekonomičnosti, při obrábění. Velice zásadní teoretickou částí práce je geometrie utváření třísky, která je důležitá pro správné chápání experimentální práce a jejího vyhodnocení. Je podstatné pochopit úlohy řezné hrany, utvařeče třísek a fazetky, která tvoří mezičlánek mezi prvními dvěma prvky. Práce je též okrajově zaměřena na porovnání ocelí 12050.9, 12050 a výběr vyměnitelných destiček podle jejich mikro a makro geometrie a konstrukčního materiálu.

Experimentální část se zaměřuje na porovnání schopnosti utvářet a lámat třísku, čtyř nově navržených a zkonstruovaných VBD, které mají stejnou, negativní geometrii, stejný typ utvařeče SM, ale jeho úhly se liší, a to 8° , 13° , 20° a 30° . Zkoušky, byly prováděny na zkušebním válci z oceli 12050.9 za sucha. Řezné podmínky byly následující: řezná rychlost konstantní, měnil se posuv a hloubka řezu. Obrobené třísky se posbíraly, zdokumentovaly a posoudila se jejich třída podle třídníku SECO, třída byla zapsána do patřičného místa ve formuláři, který názorně ukazuje spektrum při jakých podmínkách, vyměnitelné břitové destičky dokážou utvářet a lámat třísky.

1. Charakteristika dané problematiky

Geometrie utvařeče a fazetky VBD jsou důležité aspekty pro utváření třísky, které ovlivňují kvalitu povrchu obrobku, stabilitu obrábění, přesnost provedení, řezné síly a teploty vnikající procesem obrábění. Proto musíme tyto úhly jednotlivých segmentů volit dle způsobu využití VBD a podle obráběného materiálu, abychom dosáhli dané kvality třísky.

1.1 Pramet Tools

Pramet Tools je světový výrobce a dodavatel řezných nástrojů pro strojírenský průmysl, včetně vrtání, frézování, řezání závitů a soustružení. Počátky existence podniku sahají do roku 1913, to z něj dělá jeden z nejstarších specializovaných výrobců řezných nástrojů na světě. Stávající seskupení vzniklo v roce 2014 sloučením Dormer Tools a IPS Group (Impero – Pramet – Safety). Rozšířená kooperace má 30 poboček po celém světě, prodává své výrobky na více než 100 trzích a zaměstnává kolem 1500 lidí. [1]

1.2 Soustružení

Soustružení je forma třískového obrábění pro výrobu zejména rotačních obrobků, prostřednictvím jednobřitých nástrojů (soustružnických nožů). Je to nejčastější forma obrábění (30-40% všech operací). Principem obrábění je odřezávání nadbytečného materiálu pomocí nástroje, dnes již většinou pomocí *VBD*. Odřezaný nadbytečný materiál je odváděn v podání třísky. K oddělování materiálu dochází pouze v případě, když má břit nástroje v podobě klínu mnohem větší tvrdost než obrobek. [2]

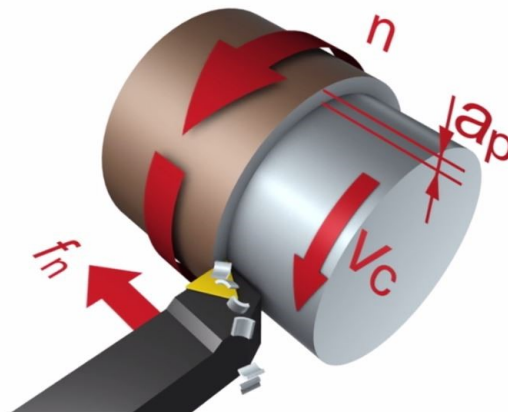
1.2.1 Řezné pohyby

Hlavní řezný pohyb v_c je rotační a vykonává ho obrobek, z obrobku je nožem odřezávána tříska.

Posuvový pohyb v_f je vedlejší a koná ho nástroj. Tímto pohybem je zapříčiněno, že nástroj může postupně odřezávat materiál.

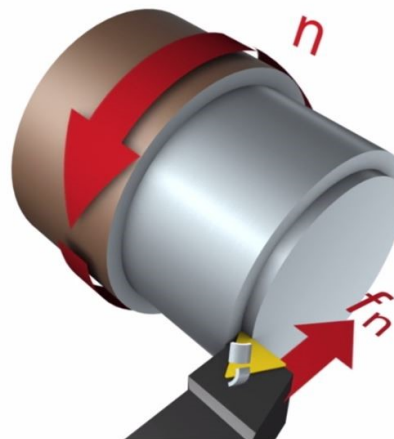
Výsledný řezný pohyb v_e má 2 typy podle druhu posuvu nože:

- **podélné soustružení** - ve směru osy rotace obrobku (axiálně), koná pohyb do tvaru šroubovice,



Obr. 1.1 Podélné soustružení [11]

- **přímé neboli čelní soustružení** - ve směru kolmém k ose rotace (radiálně), koná pohyb do tvaru Archimedovi spirály. [2]



Obr. 1.2 Přímé (čelní) soustružení [11]

1.2.2 Řezné podmínky

Hlavními řeznými podmínkami obvykle jsou: [2]

- **Řezná rychlost v_c** – rychlost hlavního řezného pohybu. Jedná se o obvodovou rychlost změřenou na obráběném povrchu. Používání různých řezných

rychlostí se mění v závislosti na obráběném materiálu, v rozmezí 5 - 1000 m·min⁻¹.

- **Posuv na otáčku f_n** – dráha, která je vykonána nástrojem při jednom otočení obrobku. Jeho hodnoty se liší v závislosti na operacích soustružení, hrubování 0,4 – 3,5 mm, dokončování 0,06 – 0,3 mm a jemné soustružení 0,03 – 0,05 mm. Nástroj se v každém případě posune, při otáčce obrobku o jednu otáčku, o hodnotu posuvu.
- **Hloubka řezu a_p** – hodnota hloubky řezu může být v rozmezí desetin milimetru až po několik milimetrů. Tvar řezné hrany, úhel nastavení ostří, hloubka řezu a posuv jsou jedny z aspektů, které ovlivňují tvar, velikost třísky a jejího průřezu.

2. Geometrie VBD

Správné zvolení geometrie jednotlivých úhlů nástroje, tedy vyměnitelné břitové destičky, ovlivňuje trvanlivost, řezivost a tím i jeho životnost. Řezná geometrie se liší podle obrábění materiálů různé obrobitelnosti a jejich specifických vlastností. [12]

Geometrie VBD pojímá její tvar a rozměry z aspektu mikro i makro geometrie. Z makro geometrického hlediska určují pevnost *VBD* - základní velikost a tvar destičky. Při stejných řezných silách působících na větší i menší destičku, vznikají menší zatížení u větší destičky než u menší. Z tohoto důvodu můžeme větší destičky používat na soustružení s velkými posuvy a hloubkami řezu, ovšem pro svou velikost nemusí být schopny obrábět malé obrobky. Obdobný problém je i s tvarem *VBD*, destička s oblým tvarem je nejpevnější, méně pevná je čtvercová pravoúhlá a nejméně pevná je kosočtvercová s rohy svírající úhel 35° . Nicméně oblá destička nemá stejný rozsah pro obrábění různých složitých profilů jako destička kosočtvercová, proto je nutné vždy hledat ústupky mezi pevností a možnostmi použití nástroje. Následující faktor se zabývá vzájemným působením nástroje a obrobku. Definuje ho úhel nastavení hlavního ostří, úhel sklonu ostří a úhel čela. Pokud je úhel čela kolmý k obrobku, je negativní. Řezné síly směřují do těla nebo nejpevnější oblasti nástroje. Řezná hrana odkloněná od obrobku značí kladný úhel čela. Většina řezných sil působí na ostří, které logicky není tak pevné jako tělo nástroje, k tomu si připočteme, že *VBD* s kladným úhlem musím mít na čele klín či hřbet pod úhlem, což ještě více snižuje pevnost nástroje. [13]

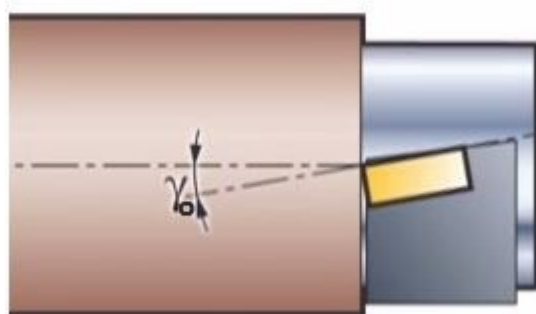


Obr. 2.1 Geometrie *VBD* ovlivňující utváření třísky [13]

2.1 Základní úhly nástroje

Úhel čela γ_o má zásadní vliv na řezný proces. Na velikosti řezného procesu závisí rozměr a průběh plastických deformací při utváření třísky. Tímto úhlem čela stanovuje stupeň tepelného zatížení břitu i velikost řezných sil. Velikost úhlu je v rozmezí $\gamma_o = 25^\circ$ až -15° , jak u soustružení, tak u frézování. Pro snadnější tvoření třísky, snížení řezných sil a řezných teplot je výhodnější kladný úhel, z toho vyplývá, že úhel čela se zápornou geometrií naopak zvyšuje řezné síly, teploty, plastické deformace, ale zvyšuje pevnost břitu. Úhel čela je omezený mechanickým a tepelným namáháním a taktéž tuhostí samotného břitu. [5, 12]

Soustružení se záporným úhlem čela je efektivní u oceli nebo litiny, vznikají u něj však větší řezné síly, omezuje odvod třísek a je náročnější na tuhost soustavy stroje, upínání přípravků a obrobků. Naopak kladný úhel čela tvoří menší řezné síly, odvod třísek činí snadnější, ovšem nástroj je náchylnější k vylamování ostří nebo rozlomení *VBD*, utváření třísky se může stát neřízené. Z těchto důvodů je kladný úhel vhodnější u měkkých materiálů a superslitin. Úhel natočení čela je míra natočení řezné hrany k obráběnému materiálu. Úhel zahloubení destičky je obvykle pozitivní a řezná hrana je zaoblená, ovlivňuje řezné síly, spotřebu energie, schopnost nástroje utvářet, tendenci vzniku vibrací a tvorbu třísek. [13, 11]

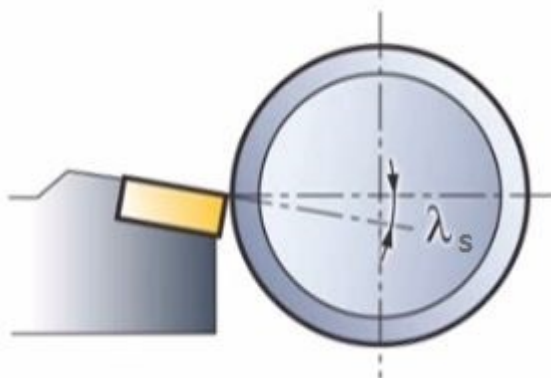


Obr. 2.2 Úhel čela VBD v ortogonální rovině [11]

Úhel hřbetu α_o ovlivňuje velikost tření mezi řeznou plochou a hřbetem. Čím větší je úhel hřbetu, tím se zmenšuje jeho opotřebení. [5]

Úhel břitu β_o je úhel řezného klínu VBD. Čím je tento úhel větší, tím se zvyšuje odolnost břitu proti rázům, tedy jeho pevnost. Na druhou stranu obráběný materiál koná větší řezný odpor proti pronikajícímu břitu. [5]

Úhel sklonu ostří λ_s - je úhel, ve kterém je destička vložena do držáku nástroje, tím je určeno, pod jakým řezným úhlem bude nástroj pracovat. Jeho význam je důležitý hlavně u přerušovaných řezů, nerovnoměrného přídavku, jelikož stanovuje pozici počátečního styku břitu a obrobku. Pokud je úhel kladný, pozice prvotního styku s materiálem je blíže ke špičce VBD. Negativní úhel vykonává pravý opak, tudíž oddaluje pozici prvotního styku dál od špičky, ovšem břit tím získá větší trvanlivost proti rázům. Úhel sklonu ostří má také funkci na odchod třísky určitým směrem, negativní úhel tlačí třísku k obrobku a kladný naopak od obrobku. Může být i nulový. [5, 12]

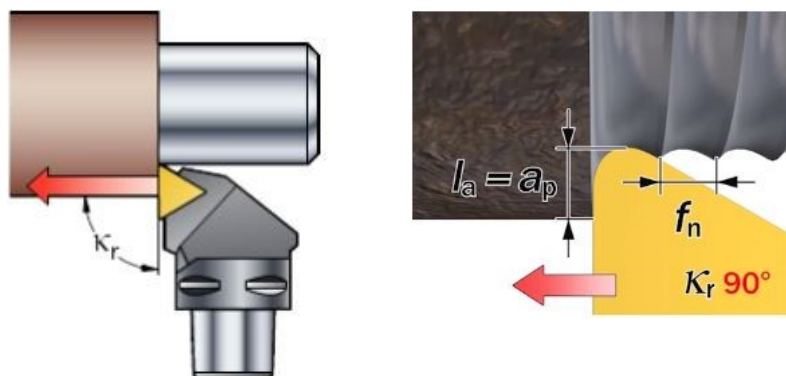


Obr. 2.3 Úhel sklonu ostří VBD [11]

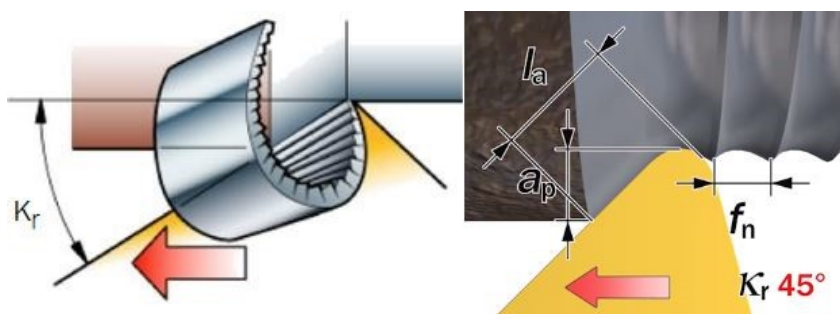
Úhel nastavení hlavního ostří κ_r - úhel mezi řeznou hranou a směrem posuvu. Je důležitým faktorem pro základní výběr nástroje k soustružení. Ovlivňuje hlavně tvarování průřezu třísky. Menší úhel hlavního břitu při posuvu f_n a hloubce řezu a_p třísku ztenčuje nebo rozšiřuje a při větším úhlu je tloušťka třísky rovna posuvu ($h = f_n$) a šířka třísky je rovna hloubce řezu ($b = a_p$). Stanovuje polohu hlavního ostří vůči obrobku a obrobené ploše. Se zmenšující se velikostí úhlu nastavení hlavního ostří roste délka třísky a snižuje se její tloušťka. Současně se snižuje opotřebení ostří a délka styku s obrobkem. Zmenšováním κ_r se negativně zvýší plastické, pružné deformace a radiální složky řezného odporu. Tím pádem se zvyšuje i průhyb obrobku. Úhel volíme od 0 – 90°, záleží ovšem na tuhosti obrobku, lépe menší.

Úhel nastavení vedlejšího ostří κ'_r má podobnou funkci jako poloměr zaoblení špičky r_e tedy stanovuje výslednou drsnost povrchu obrobku. Čím menší úhel κ'_r tím menší drsnost

obrobku. Nástroje s malými úhly nastavení břitu jsou tužší a dobře odvádí teplo, z toho vyplývá, že teplota v místě řezu klesá. [5, 12]

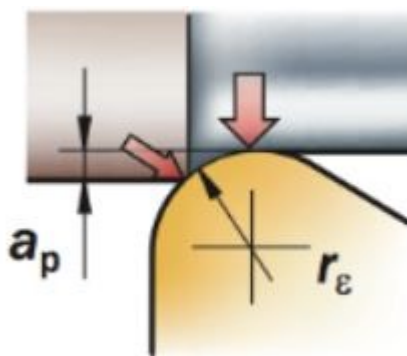


Obr. 2.4 Nástroj s úhlem nastavení hlavního ostří 90° [11]



Obr. 2.5 Nástroj s úhlem nastavení hlavního ostří 45° [11]

Velikost poloměru zaoblení špičky r_ϵ se určuje úhlem nastavení hlavního ostří κ_r a vedlejšího ostří κ'_r . Malý úhel negativně působí na odvod třísky v místě řezu, její přechování s následným přetížením špičky, zahřátím a obrovským otupením ostří. Má vliv na kvalitu povrchu obrobku. [12]



Obr. 2.6 Úhel poloměru špičky [11]

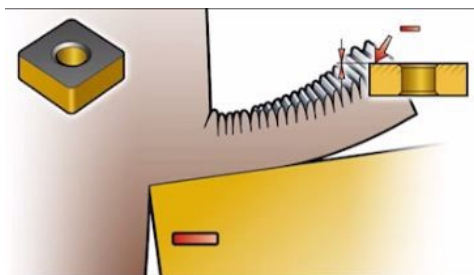
2.2 Geometrie utváření třísek

Geometrie *VBD* důležitá pro správné utvoření třísky má 3 základní faktory. Geometrie řezné hrany, geometrií utvařeče třísek a fazetky, která leží mezi řeznou hranou a drážkou utvařeče. Geometrie řezné hrany začíná postup odebrání třísky, utvařeč, neboli drážka pro řízené utváření a odvod třísek, stanovuje, jakým způsobem bude tříska utvářena, fazetka je mezičlánek mezi výše popsanými etapami. Tvorba třísky je ovlivněna hloubkou řezu, nastavením úhlu hlavního ostří, posuvem na otáčku, geometrií řezného klínu a výběrem materiálu. [13]

2.2.1 Geometrie utvařeče třísky

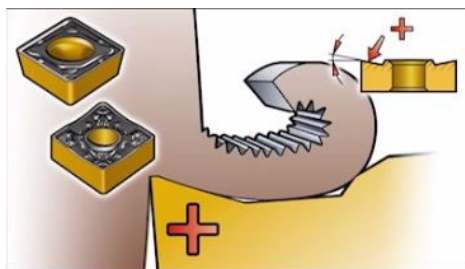
Při obrábění houževnatých materiálů je vytvářena protáhlá souvislá tříska, kterou musíme kvůli bezpečnosti práce a její plynulost lámat, tedy utvářet. Toto je velmi důležité hlavně při obrábění za vysokých řezných rychlostí, nástroji ze slinutých karbidů, v automatické výrobě. Většinou se využívají stupňovité utvařeče, zabroušené do čela podél hlavního ostří. *VBD* s utvařečem s menší hloubkou žlábků krouží třísky v menší míře, tvoří menší řezné síly, a tudíž mají delší trvanlivost než *VBD* s hlubším utvařečem, který kvůli vyššímu deformování třísky tvoří větší teploty. [12]

Geometrie utvařeče s negativnějším (otevřenějším) profilem či profilem s plošším dnem je používána k zefektivnění dotyku mezi třískou a nástrojem a rozvolnění řezných sil do větší plochy. Negativní (otevřená) geometrie bude spíše tvořit menší mechanická zatížení, pokud na ni budou působit vyšší řezné síly, taktéž risk vylamování nebo vyštípnutí *VBD* je výrazně menší. Ovšem tříska tvořená touto geometrií je zpravidla delšího rozměru. Může též dojít k neřízené tvorbě třísky, problémům při jejich odchodu a z toho důvodu mohou ohrožovat obrobek, stroj samotný i obsluhu. Tuto otázku pomůže vyřešit pozitivní (uzavřená) geometrie utvařeče třísek. [13]



Obr. 2.7 Negativní geometrie utvařeče třísky [11]

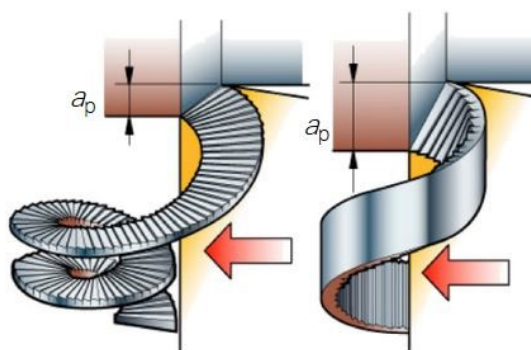
Pozitivnější (uzavřenější) geometrie utvařeče větší měrou kroutí třísku, čímž ji láme na malé kousky. Dospěje k tomu ovšem při mnohem větších mechanických zatížení. Velice krátká tříska může tupit řeznou hranu a tím zkracovat trvanlivost nástroje. Mechanická zátěž může být velká i při malých řezných silách, při kterých je tato geometrie nejprůzračnější, kupříkladu při dokončovacím soustružení, kdy je posuv i hloubka řezu malá. Vždy musíme hledat kompromis pro určení nejširší geometrie, kterou stále můžeme dosáhnout řízené utváření třísky. [13]



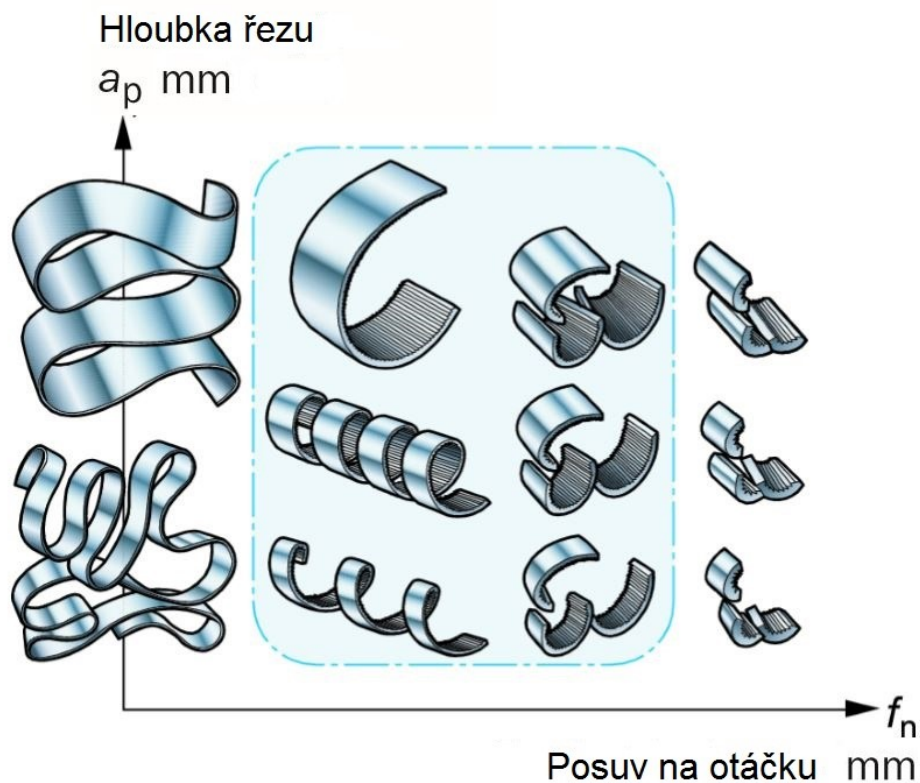
Obr. 2.8 Pozitivní geometrie utvařeče třísky [11]

Výběr materiálu hraje významnou roli pro řízení utváření třísky. Např. hliník požaduje pro utváření, jeho dlouhé třísky, uzavřenou geometrii utvařeče, abychom si byli jistí spolehlivostí lámání třísek. Naopak např. litina nepotřebuje téměř žádnou geometrii utvařeče třísek a když už, tak velmi malou. [13]

Na utváření třísky nemá vliv jen geometrie břitu, ale též řezné parametry při soustružení. Velký posuv většinou vytváří krátké nebo více zkroucené třísky, naopak malý posuv utváří třísky delší a méně zkroucené. Dalším parametrem může být, podle materiálu obrobku, též řezná rychlost. Záměr je seřadit tyto faktory, kterými se podporuje zvětšování mechanických zatížení, a zaručit utváření třísek, které jsou vyhovující podle třídníku třísek. Dále musí být zajištěno eliminování nebezpečí znehodnocení nástroje. [13]

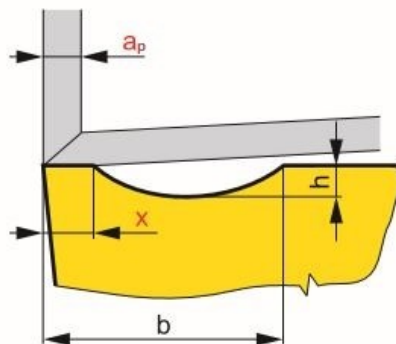


Obr. 2.9 Vliv hloubky řezu na utváření třísky [11]



Obr. 2.10 Třísky ve vyhovující oblasti v diagramu třídíků třísek [14]

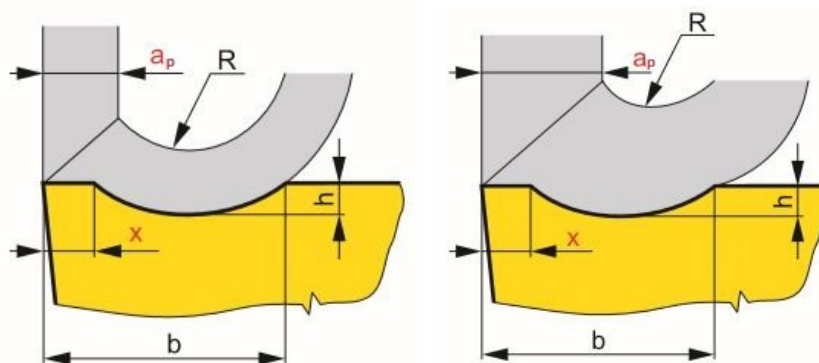
Utvařec, podle jeho typu utváří třísku v rozmezí hloubky řezu a posuvu. Začíná utvářet třísku při minimálním posuvu, který stanovuje šířka stabilizační fazetky x a její úhel γ_x . U žlábkového utvařeče utváření končí maximálním posuvem, který ovlivňuje vzdálenost koncové hrany žlábků od ostří b a hloubka žlábků h . [3]



Obr. 2.11 Příklad podmínek, kdy tříška nemůže být utvářena [3]

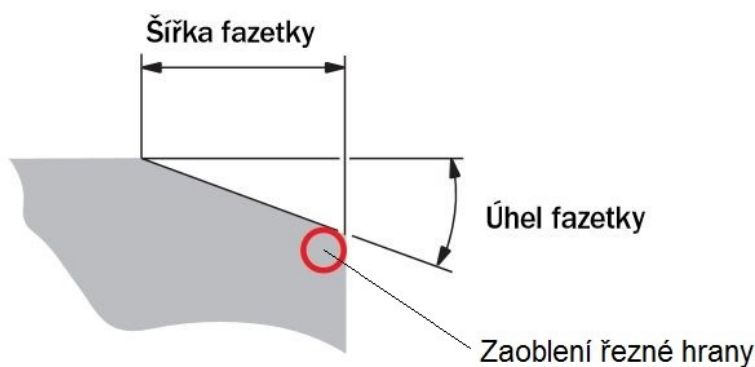
Hloubka řezu a_p je mnohem menší než rozměr fazetky x , tudíž se tříška při obrábění dotýká pouze fazetky a nemůže být utvářena utvařecem. Pokud zvolíme správnou hloubku

řezu a_p (i posuv f_n), $x < a_p$ (f_n), utvařeč má možnost utvářet (zakřivovat), protože tříška může pronikat do žlábků. Pokud je šířka fazetky mnohem menší než hloubka řezu ($x \ll a_p$) tříška je nadměrně utvářena (utvařeč ji drtí). Když ještě více zvýšíme hloubku řezu a_p (nebo f_n), tříška úplně mine utvařeč a nemůže být utvářena. [3]



Obr. 2.12 vlevo příklad podmínek, kdy je tříška utvářena, vpravo příklad podmínek nadměrného utváření [3]

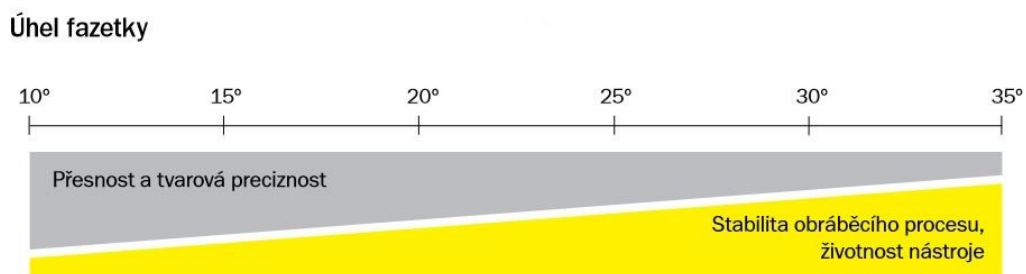
2.2.2 Geometrie fazetky



Obr. 2.13 Obecná geometrie fazetky [4]

Geometrie fazetky je přechod mezi geometrií ostří a utvařeče třísky. Geometrie fazetky může být kladná nebo záporná. S šířkou a velikostí úhlu fazetky roste pevnost řezné hrany VBD , na druhou stranu se zvyšují teploty a řezné síly při soustružení. Rozměry fazetky by tedy měly být spíše širší, protože se řezné síly rozdělí do větší plochy, to umožní soustružit vyššími rychlostmi. Jestli je cílem životnost nástroje a stabilita obrábění, je dobré použít fazetku větších rozměrů, negativní fazetku. Pokud je ovšem cílem spíše kvalita povrchu

obrobku a přesnost provedení, je nutné použít fazetku malých rozměrů, tedy pozitivní fazetku. Přestože dojde ke kýženému výsledku, sníží se teploty i řezné síly, potlačí se vibrace, ale životnost nástroje se sníží.



Obr. 2.14 Diagram životnost nástroje vs. tvarová přesnost [4]

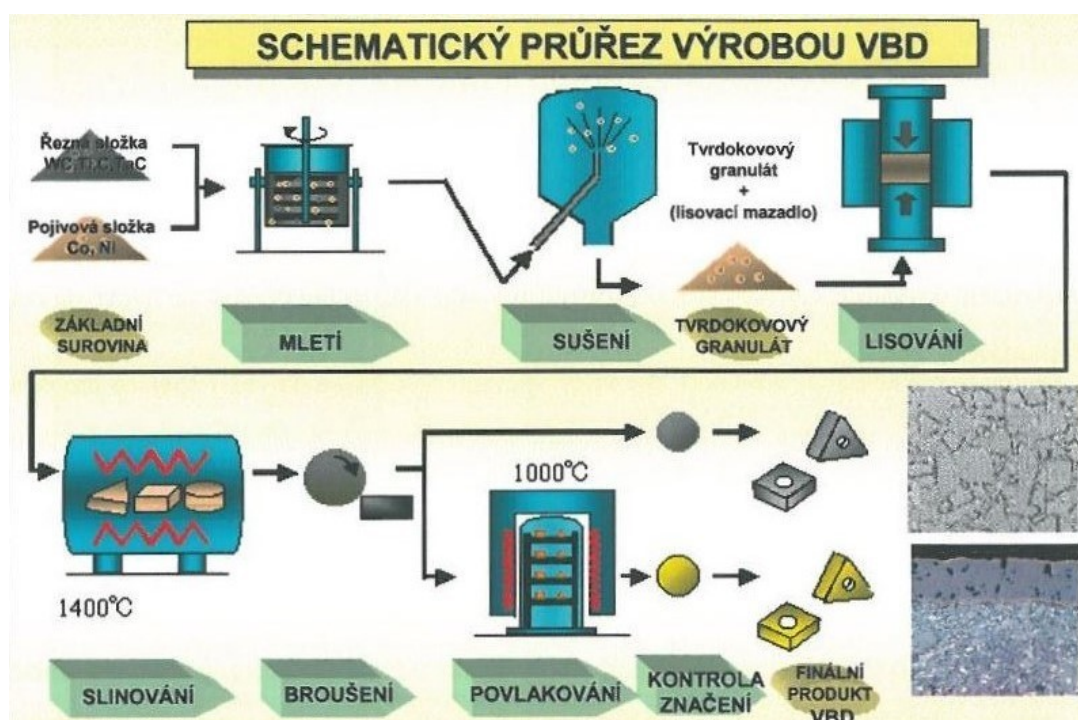
2.2.3 Geometrie řezné hrany

Geometrie řezné hrany má více provedení: ostrou, zaoblenou a sraženou. Každá z nich má své pro a své proti. V určitých situacích je možné, že ostrá řezná hrana prodlouží trvanlivost nástroje, a to v tom případě, pokud je celá soustava stroje, tedy obrobek, obráběcí stroj i uchycení obrobku, velice stabilní, jinak hrozí, že vibrace jsou schopné způsobit vylamování břitu. Zkosené a zaoblené řezné hrany jsou v tomto ohledu mnohem spolehlivější a méně náročné na tuhost soustavy stroje. [4,13]

Velice zjednodušeně řečeno, optimální nástroj pro soustružení ocelí, u kterých je nutná houževnatost, musí mít pevnou řeznou hranu, kdežto pro soustružení nerezových ocelí, u kterých je lepší tvářitelnost, je lepší nástroj s ostrou řeznou hranou. Nepochybně tohle není pevně stanoveno a při správně nastavených podmínkách můžeme obrábět i v opačném sledu, ovšem postup nebude moc produktivní. Personál u stroje bude nucen zvolit mezi univerzálními a optimalizovanými nástroji pro daný materiál.

Velice ostrá řezná hrana ne vždy obstará nejvyšší kvalitu obráběného materiálu. Zpravidla nejlepší jakosti povrchu dosahujeme po mírném otupení, toto je způsobeno tím, že velmi ostrá řezná hrana se příliš zařezává do materiálu, místo toho aby pouze utvářela požadovaný povrch. [13]

2.3 Technologie výroby VBD



Obr. 2.15 Schématický průřez výrobou VBD [4]

2.3.1 Základní výrobní suroviny

Slinutý karbid je vicesložkový materiál, tvořený z řezné a pojivové složky. Pojivová složka je tvořena kobaltem, který je občas nahrazován niklem a řeznou složku tvoří karbidy, které jsou povětšinou z wolframu, případně titanu, tantalu, niobu nebo chromu. Důležitými faktory, které ovlivňují vlastnosti slinutého karbidu, jsou poměr řezné a pojivové fáze, druh karbidu a také velikost karbidických zrn. [4]

2.3.2 Mletí výrobních surovin

Základní suroviny navážíme, vzniklou směs musíme homogenizovat, neboli semlít. To znamená, že připravené suroviny a mlecím médiem (technologickou kapalinou), vložíme do atritoru nebo kolového mlýnu, ve kterém kromě vložené směsi budou i kuličky slinutého karbidu. Tímto procesem je tedy směs homogenizována. Výsledek tvoří brečkovitá směs karbidické, pojivové fáze a mlecí médium, které musíme vysušit. [4]

2.3.3 Sušení břečkovité hmoty

Břečkovitá hmota je napuštěna do nádoby, kde je stále míchána, aby nedošlo k sedimentaci a vstřikována do sušící věže, kde dochází k sušení v proudu ohřátých inertních plynů a je oddělováno mlecí médium. Tvrdokovový prach je odnášen plynem a zachytáván do specifického zásobníku. Tento získaný materiál putuje na další operaci nebo je balen pro uskladnění. [4]

2.3.4 Lisování polotovaru VBD

Finální surovina je připravena a může následovat výroba vyměnitelné břitové destičky. Při lisování je odměřeno přesné množství vstupního materiálu, které je nasypáno do tvářecího prostoru lisu. Lis se skládá z matrice s horním a spodním razníkem. Hmota je zpracovávána lisem protipohybem razníků do požadovaného tvaru. Manipulátor odebírá tvářený polotovar *VBD*, který spodní razník vysunul. Lisováním jsme vytvořili tvar destičky, který ale nesplňuje mechanické vlastnosti ani rozměry požadovaného produktu. [4]

2.3.5 Slinování polotovaru VBD

Slinování je jedna z nejproblematictějších částí výroby produktů ze slinutého karbidu, mění se tu pórovitý výlisek na celistvý výrobek. V tomto procesu probíhá citelné zhutnění, ke kterému velice napomáhá postup rekrystalizace karbidických zrn přes tekutý kobalt. Celá tato fáze probíhá ve vakuu, respektive v ochranných atmosférách, několik hodin, ve vysokých teplotách do 1650 °C. Slinováním jsme dospěli k polotovaru, který má mechanické vlastnosti jako konečný výrobek. [4]

2.3.6 Broušení VBD

Broušení je finální operace výroby *VBD* a dělíme jej na několik druhů: [4]

- **Broušení dosedacích ploch** – u oboustranných *VBD* jsou broušeny obě protichůdné dosedací plošky, prostřednictvím souběžných brusných kotoučů, jejichž vzdálenost zaručuje koncovou toleranci produktu.

- **Broušení obvodových (hřbetních) ploch** – brousíme na jedno upnutí všechny obvodové plochy nebo jen jejich části i s přechodovými rádiusy.
- **Broušení obvodových fazetek** – některé typy *VBD* vyžadují broušení, obvodových, tedy čelních nebo hřbetních fazetek.
- **Profilové broušení bříty** – u určitých druhů *VBD* (závitových a tzv. speciálů) provádíme profilové broušení bříty. Jde o broušení složitých tvarů prostřednictvím buďto kotouče, který má přesně opačný profil než tížený tvar broušení nebo profilového kotouče, který profil vybrousí krok po kroku.

U *VBD* můžeme vybrušovat též speciální utvařeče, ve tvaru otevřených průběžných žlábků, obvykle se používají u destiček KNUX. Destičky, určené k obrábění hliníku či jeho slitin, je nutné leštit na čelních plochách. Proces leštění probíhá v ochranné kleci, pomocí kartáčů se speciálními vlákny napuštěnými emulzí s diamantovými brusnými částicemi. [4]

Zaoblení bříty (rektifikace) – provádí se u většiny typů *VBD*. Této úpravy můžeme dosáhnout dvojí možností. Buďto kartáčováním, při kterém je kartáči řezná hrana zaoblена nebo pískováním, u kterého musíme přesně specifikovat tok brusného materiálu na řeznou hranu. [4]

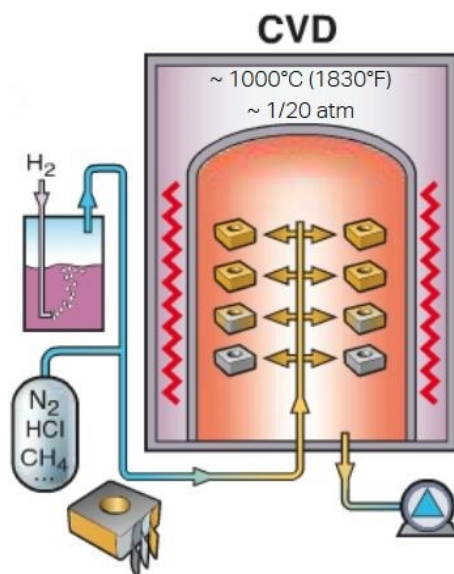
Čištění *VBD* je prováděno ve speciálních lázních čistící linky, v určitých případech je čištění podpořeno ultrazvukem. V ojedinělých situacích, může být použito i pískování. Pokud byl cíl výroby nepovlakovaná *VBD*, je výrobní proces ukončen. [4]

2.3.7 Povlakování VBD

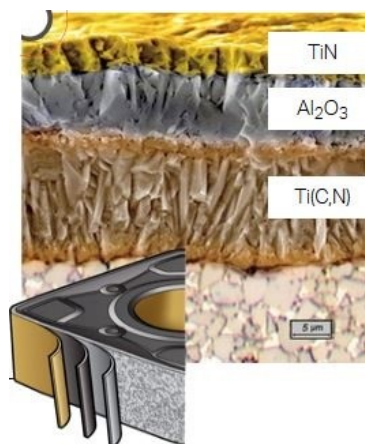
Povlakování je další fáze výrobního postupu *VBD*, která nanesením ochranné vrstvy rapidně zvýší její užité vlastnosti. U většiny nynějších technologií povlakování se nanáší větší množství vrstev, které slučují různé vlastnosti jednotlivých vrstev povlaků. Síla vrstev se pohybuje v rozmezí 2 – 15 μm . Firma Pramet Tools nejčastěji používá tyto dva způsoby povlakování *VBD*: [4,10]

- **Chemický CVD (Chemical vapour deposition)** – *VBD* umístíme do povlakovacího zařízení, ze kterého je odčerpán vzduch a napuštěn inertní plyn, poté provedeme ohřev na pracovní teplotu a napustíme reaktivní (pracovní) plyn, v případě povlakování karbidem Ti – vodík, chlorid titanu a metan. Podstata procesu tkví v reakci plynu, který kvůli vysoké teplotě, mezi 850 – 1050 $^{\circ}\text{C}$, chemicky reaguje, při které se produkty této reakce uloží na nahřátý povrch a vytvoří

se povlak. Metoda *CVD* je výhodná z důvodu vylučování vrstev o velké tloušťce. Tím, že je tato metoda prováděna při vysokých teplotách, vznikají tahová napětí, která negativně ovlivňují houževnatost slinutého karbidu. Tato metoda je více vrstevých povlaků. Tloušťka vrstvy je 12 – 15 μm . [4,9]



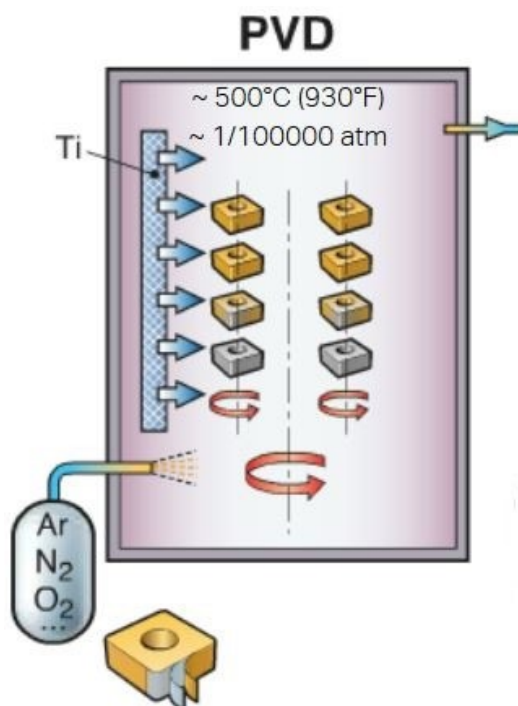
Obr. 2.16 Princip povlakovacího procesu u metody CVD [11]



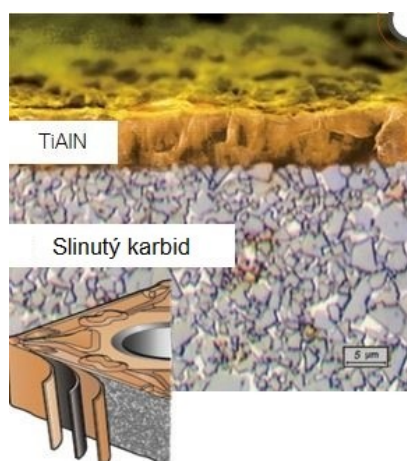
Obr. 2.17 Průřez VBD povlakovanou pomocí CVD[11]

- **Fyzikální PVD (Physical vapour deposition)** – VBD rovněž umístíme do povlakovacího zařízení, je vytvořeno vakuum, ovšem proces probíhá při citelně nižších teplotách (cca. 500 °C). VBD je napařována a její materiál odpařován prostřednictvím elektrického oblouku (odporovým ohřevem, ~ 50 - 400 V,

nebo proudem elektronů). Tímto způsobem částice reagují s plynným prostředím pracovního prostoru a narážejí do povrchu VBD, čímž se vytváří povlak. Tato technologie je hojně využívána k nanášení povlaků na složitější profily VBD a velice ostré nástroje. Tloušťka vrstvy je přibližně 3 – 5 μm . [4,10]



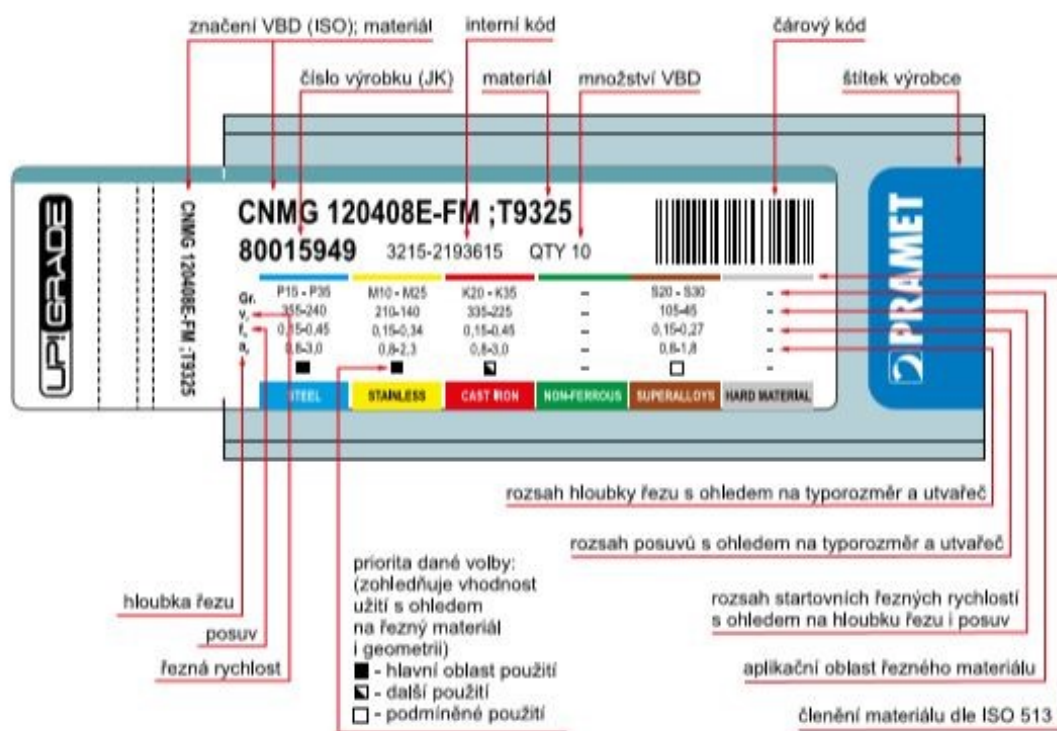
Obr. 2.18 Princip povlakovacího procesu u metody PVD [11]



Obr. 2.19 Průřez VBD povlakovanou metodou PVD [11]

2.3.8 Značení a balení VBD

Tímto samotná výrobní operace *VBD* končí a směřuje k postupu značení. Každá vyměnitelná břitová destička je označena typem karbidu a je zabalena do krabičky. Na obalu krabičky jsou popsány specifikace vyměnitelné břitové destičky, viz obr. 2.20. [4]



Obr. 2.20 Informace uvedené na krabičce VBD [5]

2.4 Tvary a značení VBD podle ISO

Soustružnické *VBD* ze slinutého karbidu, jsou součástí soustružnického nože, který koná posuvový pohyb při soustružení. Firma Pramet Tools vyrábí různé tvary vyměnitelných břitových destiček, odlišných materiálů, podle jejich způsobu využití. Značení soustružnických *VBD* podléhá normě ISO, která udává formu značení:

1				2		4	
Tvar destičky Insert shape				Úhel hřbetu Clearance angle		Provedení destičky Insert type	
H	O	P	R	A	B	N	R
S	T	C	D	C	D	F	A
E	M	V	W	E	F	M	G
L	A	B	K	G	N	W	T
				P	O	Q	X
					Speciál Special		Speciál Special

ISO

1

2

3

4

T

T

N

N

U

M

N

G







3						
Tolerance Tolerances						
Symbol	Tolerance / Tolerances [mm]			Tolerance / Tolerances [Palec / Inch]		
	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)
A	0,005	0,025	0,025	0,0002	0,001	0,0010
F	0,005	0,025	0,013	0,0002	0,001	0,0005
C	0,013	0,025	0,025	0,0005	0,001	0,0010
H	0,013	0,025	0,013	0,0005	0,001	0,0005
E	0,025	0,025	0,025	0,0010	0,001	0,0010
G	0,025	0,130	0,025	0,0010	0,005	0,0010
J	0,005	0,025	0,05 ÷ 0,13	0,0002	0,001	0,002 ÷ 0,005
K	0,013	0,025	0,05 ÷ 0,13	0,0005	0,001	0,002 ÷ 0,005
L	0,025	0,025	0,05 ÷ 0,13	0,0010	0,001	0,002 ÷ 0,005
M	0,08 ÷ 0,18	0,130	0,05 ÷ 0,13	0,003 ÷ 0,007	0,005	0,002 ÷ 0,005
N	0,08 ÷ 0,18	0,025	0,05 ÷ 0,13	0,003 ÷ 0,007	0,001	0,002 ÷ 0,005
U	0,05 ÷ 0,38	0,130	0,05 ÷ 0,13	0,005 ÷ 0,015	0,005	0,003 ÷ 0,010



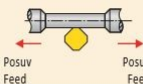
Obr. 2.21 Systém značení vyměnitelných břitových destiček 1. část [3]

</

5	6	7	8	9	10
22	04	08			
22	04	08	E	N	- M
5A	6A	7A	8	9	10
4	3	2			
4	3	3	E	N	- M

ANSI		
5a	6a	7a
Vepsaná kružnice Inscribed circle	Tloušťka Thickness	Rádus špičky Nose radius
Symbol	Symbol	Symbol
d = I.C.	s	r _z
[mm]	[mm]	[mm]
["]	["]	["]
1	1	0
(1.2)	(1.2)	(0.2)
(1.5)	(1.5)	(0.5)
(1.8)	(1.8)	
2	2	1
(2.5)	(2.5)	2
3	3	3
(3.2)	(3.2)	4
4	4	5
(4.5)	(4.5)	6
5	5	7
(5.5)	(5.5)	8
6	6	9
(6.5)	(6.5)	10
7	7	11
(7.5)	(7.5)	12
8	8	13
(8.5)	(8.5)	14
9	9	15
(9.5)	(9.5)	16
10	10	x

8	
Provedení řezné hrany / Cutting edge design	
	Ostré hrany Sharp edges
	Zaoblené hrany Rounded edges
	Hrany s fazetkou Edges with facet
	Zaoblené hrany s fazetkou Rounded edges with facet
	Hrany s dvoutou fazetkou Edges with double facet
	Zaoblené hrany s dvoutou fazetkou Rounded edges with double facet

9	
Směr posuvu / Feed direction	
R Posuv Feed	
L Posuv Feed	
N Posuv Feed	

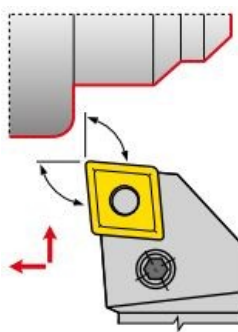
10
Utvařeč / Chip breaker designation

Obr. 2.22 Systém značení vyměnitelných břitových destiček 2. část [3]

3. Soustružnické nože pro upínání VBD

Soustružnické nože slouží jako držáky, do kterých se upínají *VBD*, jak už ze slinutých karbidů, keramických materiálů tak i rychlořezné oceli. Po opotřebování břitu je možné destičku z lůžka lehce vyměnit nebo pokud se jedná o vícehrannou *VBD*, tak je možné ji jen pootočit. Tato konstrukce soustružnického nože má oproti monolitním nožům nebo nožům s pájenými destičkami mnohé výhody. Například rychlejší výměnu tupého břitu bez odepínání celého soustružnického nože, použití nelepitelných a nepájitelných materiálů, není nutné přestřovat nástroj, k výměně dochází pouze u *VBD* tudíž se šetří materiál zbytku soustružnického nože, menší náročnost při skladování. Za nevýhody se považují např. pracnější technologické zpracování při výrobě nástroje, vysoký požadavek na přesnost nástroje a větší cena. [9]

3.1 Způsoby upínání vhodné pro vnější soustružení

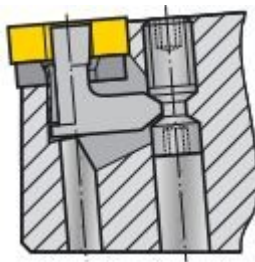


Obr. 3.1 Schéma hlavy nožového držáku pro vnější soustružení [5]

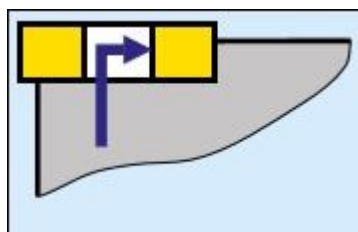
Držáky pro *VBD* musí zajistit bezpečné upnutí do lůžka, v každé zmíněné řezné podmínce, nemůže zapříčiňovat bránění odchodu třísek a musí poskytovat snadné vyměnění opotřebované *VBD*. Firma Pramet Tools nabízí nožové držáky, které se rozdělují podle upínacího systému: [9]

ISO P – Upínání *VBD* s negativní geometrií a válcovým otvorem, které mohou, ale nemusí mít utvařec. Upnutí je v tomto systému dosaženo pomocí úhlové páky, která prostřednictvím šroubu zatlačí destičku do lůžka držáku. U *VBD* je dosahováno perfektní přesnosti usazení a stabilnosti. Tento systém je výhodný taky z důvodu nebránění odchodu třísek. Je často využíván pro vnější, hrubovací i dokončovací, soustružnické

operace, díky jeho přesnému a spolehlivému upnutí *VBD*. Výjimečně mohou být použity pro vnitřní soustružení velkých otvorů. [7, 9]

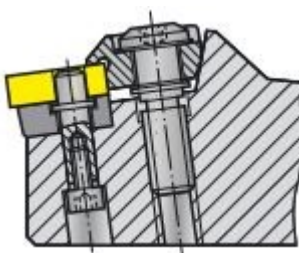


Obr. 3.2 Nožový držák ISO P [7]

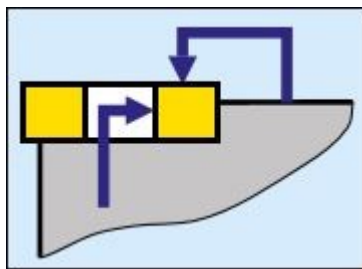


Obr. 3.3 Schéma upnutí ISO P [7]

ISO M – tento systém upíná totožné destičky jako ISO P, ovšem není upnuta pomocí úhlové páky, ale nasazena na čep, ke kterému je přitlačena upínkou, takže přidržuje *VBD* také seshora. Byl vytvořen pro metody soustružení, pro které je potřeba dosáhnout velké dostupnosti, kterou systém ISO P nedosahuje. Zaručuje dobrý odchod třísky. Držáky tohoto typu jsou používány pro vnější soustružení, kde hrozí dynamické rázy. [7,9]



Obr. 3.4 Nožový držák ISO M [7]

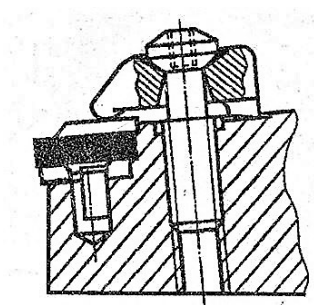


Obr. 3.5 Schéma upnutí ISO M [7]

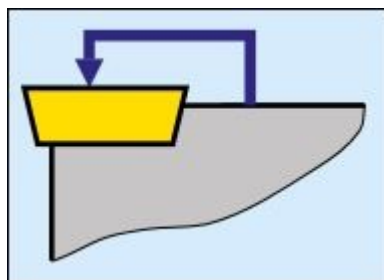
ISO C – Nejstarší upínací systém. Používá se k upnutí destiček, které nemají otvor, a to jak s negativní, tak s pozitivní geometrií, ať už s utvařečem nebo bez něj. *VBD* je připevněna do lůžka upínkou, kterou dotahuje šroub, ve zvláštních případech se k destičce přikládá přídavný utvařeč. Upínací systém je používán jak pro vnější, tak vnitřní soustružení. [7, 9]



Obr. 3.6 Nožový držák ISO C pro pozitivní VBD [7]

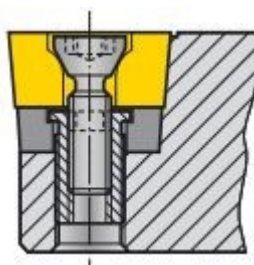


Obr. 3.7 Nožový držák ISO C pro negativní VBD [9]

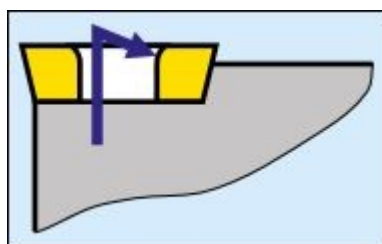


Obr. 3.8 Schéma upnutí ISO C [7]

ISO S – Tento způsob upíná *VBD* na nože pro obrábění menších dílů jak pro vnitřní i vnější soustružení. Upínání v tomto systému je velice sofistikované. Zvláštní šroub s excentrickou hlavou, který je umístěn do speciálního, kuželovitého otvoru v destičce, dotáhne a zafixuje *VBD* do lůžka držáku. Jak je vidět na obrázku, tento způsob je velice praktický, protože nezabraňuje odvádění třísek a pootočení *VBD* je velice jednoduché, šroub stačí lehce uvolnit. [7,9]



Obr. 3.9 Nožový držák ISO S [7]



Obr. 3.10 Schéma upnutí ISO S [7]

3.2 Značení nožů podle ISO – vnější soustružení

Značení soustružnických nožů, na které se upevňují soustružnické *VBD*, podléhá normě ISO, která udává formu značení, skládající se z číselných a písemných označení:

1 Způsob upínání Clamping designation						2 Tvar destičky Insert shape						3 Tvar nože – úhel nastavení Tool style – cutting edge angle												4 Úhel hřbetu Clearance angle						
C						S		C				A		B		C		D		D				α_n						
D						T		D				E		F		G		H		J				N	$\alpha_n=0^\circ$	C	$\alpha_n=7^\circ$	P	$\alpha_n=11^\circ$	
P						R		K				K		L		M		N		P				5 Směr řezu Direction of cut						
M						W		V				Q		R		S		S		T				R						
S						L		X				U		V		W		X		Y				L						
X												Z												N						
G																														
1	2	3	4	5		6	7	8	9		10																			
P	C	L	N	R	–	32	25	I	12	–	S																			
6 Výška držáku [mm] Shank height [mm]						8 Celková délka Total length						8 Velikost destičky Cutting edge length																		
08	10	12	16	20	25							l_1 [mm]	D	60																
												E	70																	
												F	80																	
												H	100																	
												J	110																	
												K	125																	
												L	140																	
												M	150	9,525	09	09		11	16	19	06	16								
												N	160	10,00																
												P	170	12,00																
												Q	180	12,70	12	12		15			08	22	12							
												R	200	15,875	15	16						27	15							
												S	250	16,00																
												T	300	19,05	19	19														
												U	350	20,00																
												V	400	25,00																
												W	450																	
												X	Spec.	25,40	25	25														
												Y	500	38,10	38															
10 Údaje výrobce [mm] Manufacturer's designation [mm]																														
M	Způsob upínání "S" s podložkou Clamping system "S" with shim																													
S	Se seřizovacími šrouby With adjusting screws																													

Obr. 3.11 Systém značení nožů ISO – pro vnější soustružení [5]

4. Vliv utváření na oceli 12050.9

Ocel 12050 je (nelegovaná) ušlechtilá uhlíková ocel, dobře zušlechtitelná a povrchově kalitelná. Ocel 12050.9 je tepelně zpracovaná, oproti 12050 má větší stálost parametrů. Tato ocel je využívána firmou Pramet Tools pro experimentální činnost. Její chemické složení se oproti 12050 mírně liší v těchto prvcích:

Tabulka 1: chemické složení oceli 12050.9 dle normy ČSN 412050/1978 [15]

Ocel 12050.9	
Rozdíl chemického složení	
Prvek	Hmotnostní [%]
C	0,45 – 0,5
Nb	0,01 – 0,04
Ti	0 – 0,01
Mn	0,6 – 0,75

Tabulka 2: Rozdílné mechanické vlastnosti oceli 12050.9 [15]

Rozdílné mechanické vlastnosti	
Tvrdość HB	190 – 230

Tabulka 3: chemické složení oceli 12050 dle normy ČSN 412050/1978 [8]

Ocel 12050	
Rozdíl chemického složení	
Prvek	Hmotnostní [%]
C	0,42 – 0,5
Nb	0
Ti	0
Mn	0,5 – 0,8

Tabulka 4: Rozdílné mechanické vlastnosti oceli 12050 [8]

Rozdílné mechanické vlastnosti	
Tvrdość HB	183 – 207


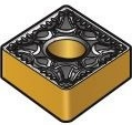
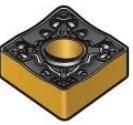

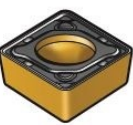
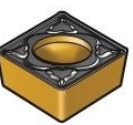






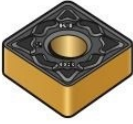
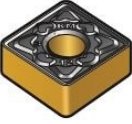
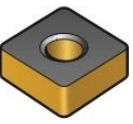
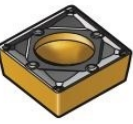
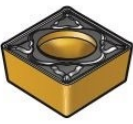
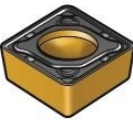

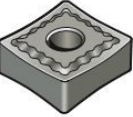
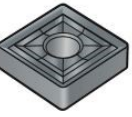
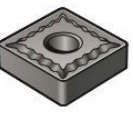
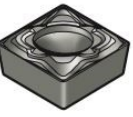
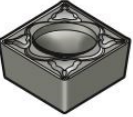


4.1 Rozdělení konstrukčních materiálů a univerzální geometrie pro jejich obrábění

Tabulka 5: Rozdělení konstrukčních materiálů dle ISO 513 [3]

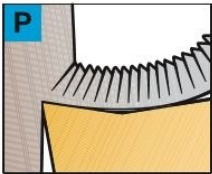
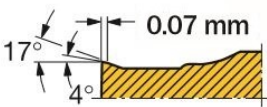
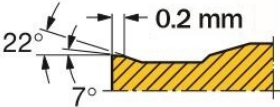
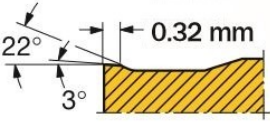
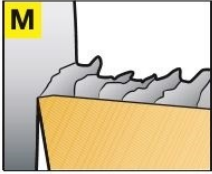
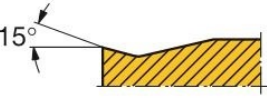
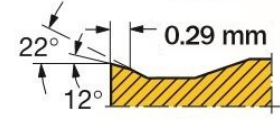
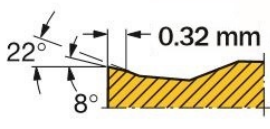
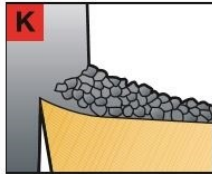
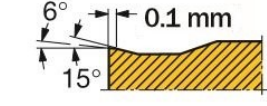
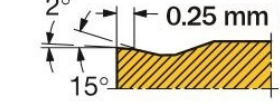
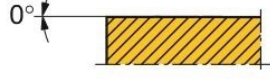
Skupiny	Podskupina	Dormer	Definice podskupiny	Příklad	Korekce k etalonu
P	P1	1.1, 1.2	Oceli a ocelolitiny se zlepšenou obrobitelností, automatové a nízkouhlíkové oceli	ČSN 11 109	1,33
	P2	1.3	Nelegované a nízkouhlíkové ocelolitiny a oceli se středním obsahem uhlíku ($0,25 < 0,55$) s pevností do 900 MPa a tvrdostí v rozmezí 160 – 255 HB	ČSN 12 050	1,00
	P3	1.4	Hůře obrobitelné nelegované a nízkolegované ocelolitiny a oceli se středním obsahem uhlíku s pevností do 1000 MPa a tvrdostí do 300 HB	ČSN 15 340	0,80
	P4	1.5	Středně až vysoce legované ocelolitiny a oceli (povětšinou s obsahem uhlíku $0,55 < C$), pevnost do 1270 MPa a tvrdost do 375 HB (neboli 40 HRC)	ČSN 19436	0,60
M	M1	2.1	Feritické korozivzdorné oceli	ČSN 17041	1,09
	M2	(2.1,2.4)	Martenzitické korozivzdorné oceli	ČSN 17042	1,06
	M3	2.2	Austenitické korozivzdorné oceli	ČSN 17247	1,00
	M4	2.3, 2.4	Feriticko – austenitické (duplexní) a superaustenitické korozivzdorné oceli	ČSN 17465	0,93
K	K1	3.1, 3.2	Šedé litiny	ČSN 42 2425	1,00
	K2	3.1, 3.2	Temperované litiny	ČSN 42 2545	0,95
	K3	3.3	Tvárné litiny feritické a feriticko - perlitické	ČSN 42 2304	0,90
	K4	3.4	Tvárné litiny perliticko – feritické, perliticko – sorbitické a perlitické	ČSN 42 2307	0,85

Skupiny	Podskupina	Dormer	Definice podskupiny	Příklad	Korekce k etalonu
N	N1	7.1	Hliník a jeho měkké slitiny Al (s nízkým obsahem Si) zejména tvářené a lité (nevytvrzené), tvrdost do 100 HB	ČSN 42 4400	1,00
	N2	7.2, 7.3, 7.4	Tvrdé slitiny Al, zejména lité vytvrzené (s vysokým obsahem Si)	ČSN 42 4330	0,65
	N3	6.1, 6.2, 6.3	Měkké slitiny Cu automatová mosaz a ostatní měkké mosazi a bronzy	ČSN 42 3135	0,60
	N4	6.4	Hůře obrobitelné a tvrdé slitiny Cu	ČSN 42 3145	0,40
S	S1	4.1, 4.2, 4.3	Technicky čistý Ti, slitiny α , $\alpha+\beta$ a β slitiny zušlechtěné a stárnuté	TiAl6V4	1,75
	S2	5.1, 5.2, 5.3	Slitiny na bázi Fe	INCOLOY 718	1,20
	S3	5.1, 5.2, 5.3	Slitiny na bázi Ni	INCONEL 718	1,00
	S4	5.1, 5.2, 5.3	Slitiny na bázi Co	Haynes 25	0,75
H	H1	1.6	Vysoce pevné a tvrdé nástrojové oceli a kalené a zušlechtěné oceli o tvrdosti 40 – 50 HRC	ČSN 19 854	1,15
	H2	-	Tvrzená a bílá litina 350 – 600 HV	ČSN 42 2483	1,10
	H3	1.7	Kalené a zušlechtěné oceli o tvrdosti 50 – 55 HRC	ČSN 19 552.4	1,00
	H4	1.8	Kalené a zušlechtěné (převážně nástrojové) oceli o tvrdosti vyšší než 55 HRC	ČSN 19 436.4	0,95

Odlišné mikro a makro geometrie jsou přizpůsobeny různým požadavkům soustružení. Pro rozdílné konstrukční materiály jsou vyvinuty univerzální mikro a makro geometrie, které jsou přizpůsobeny různorodým požadavkům soustružení, při dokončovacích, polohrubovacích (středních) a hrubovacích operacích.

ISO	Negativní tvar VBD			Pozitivní tvar VBD		
	Dokončovací	Polohrubovací	Hrubovací	Dokončovací	Polohrubovací	Hrubovac
P						
M						
K						
N						
S						
H						

Obr. 4.1 Univerzální makrogeometrie pro obrábění konstrukčních materiálů [14]

Konstrukční materiál	Dokončování	Polohrubování	Hrubování
P 			
M 			
K 			

Obr. 4.2 Univerzální mikro geometrie pro obrábění ocelí, korozivzdorných ocelí a litin. [14]

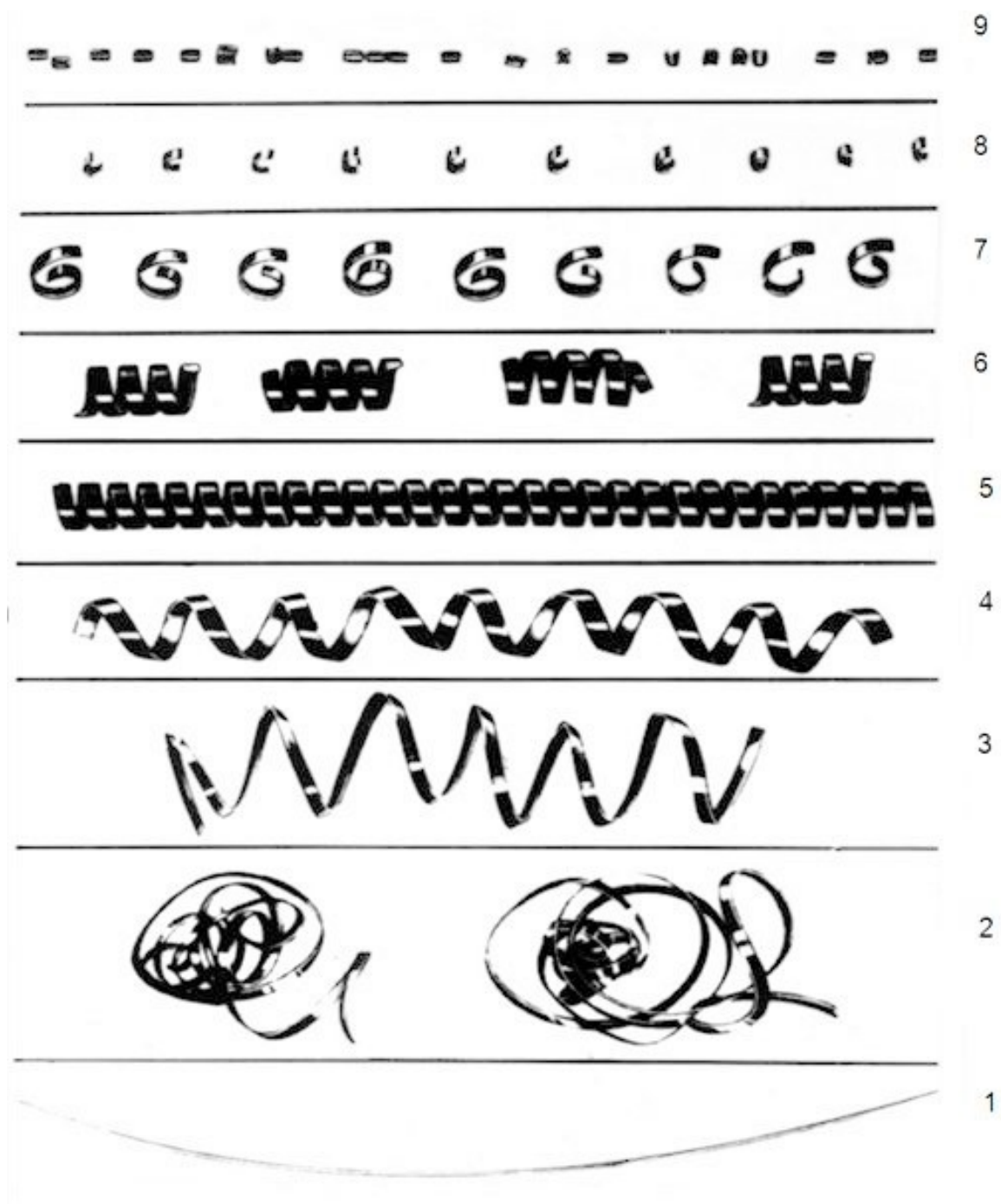
5. Experimentální část práce

Experimentální část práce se zaměřuje na porovnání 4 nově navržených vyměnitelných břitových destiček a jejich užitných vlastností, tedy utváření třísky, které jsou testovány na stejném nožovém držáku, lišících se úhly svých utvařečů jako takových – 8° , 13° , 20° a 30° , ovšem typ utvařeče je u všech čtyř stejný - SM. Kvůli velmi rozdílným úhlům utvařeče se značně liší i profil geometrie *VBD* tak, aby bylo možné dané destičky s vybraným utvařečem vůbec vyrobit.

Experiment byl prováděn na soustruhu firmy Kovosvit MAS, typ S80i, výkon na vřetení má 17/20,5 kW, otáčky vřetene jsou $3\,200\text{ min}^{-1}$ – upnutí je pomocí sklíčidla, maximální počet nástrojů v revolveru je 12 a řídicí systém stroje je Siemens 810 D.

Práce byla realizována při experimentálních řezných podmínkách, které firma Pramet Tools využívá při testování nových *VBD*. Řezná rychlost konstantní $v_c = 140\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, při zkouškách se měnil posuv $f_n = 0,1; 0,15; 0,2; 0,3; 0,4$ a $0,5\text{ mm}$. Hrubovací hodnota posuvu $0,5\text{ mm}$ je zahrnuta do výsledků, i když se jedná o polohrubovací destičku, ale z kapacity formuláře do něj nebyla zařazena. Hloubka řezu $a_p = 0,8; 1,5; 2,5; 3,5$ a 5 mm . Soustružení bylo prováděno za sucha. Při těchto řezných podmínkách byla z obrobku osoustružena tříska, která byla roztríděna podle třídníku třísek SECO, viz obr. 5.1, vložena na tabulky formuláře a následně ofocena pro archivaci. Do tabulky byly zapsány příslušné označení třísek pro snazší porovnání výsledků.

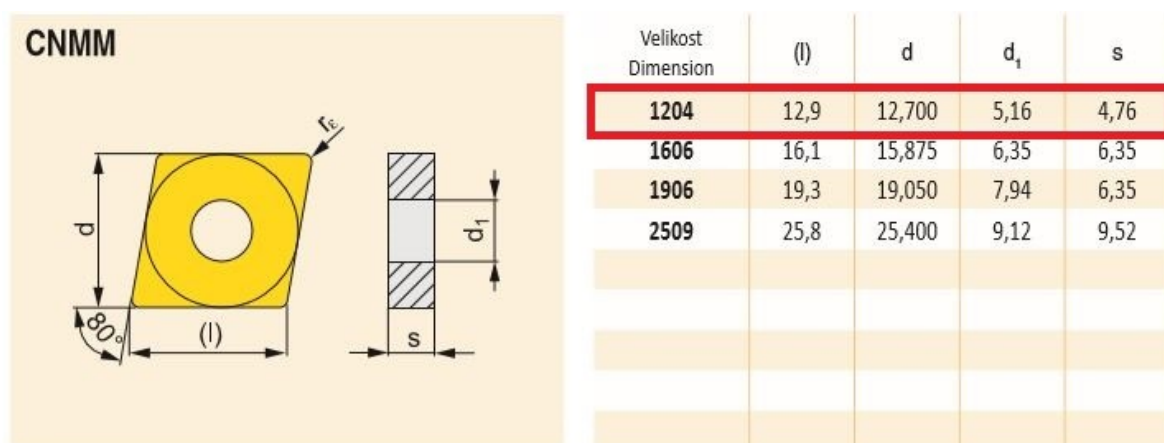
Třídník SECO – je podnikový třídník třísek firmy Pramet Tools, pro rozdělování třísek při experimentálních obráběcích procesech, pro vyhodnocení jestli daný nástroj (*VBD*) utváří podle požadovaných podmínek. Skládá se z 9 tříd třísek, kde 1. - 5 třída je nevyhovující z hlediska neutváření a lámání třísky. 1. třída je tvořena dlouhou stužkovou třískou, 2. třída stužkovou smotanou třískou, 3. – 5. třída je tvořena dlouhou vinutou třískou. 6. – 8. třída je považována za ideální utváření a 9. třída se opět navrácí do nevyhovující oblasti, je ovšem ještě tolerována. 6. třídu tvoří krátké vinuté třísky, 7. třídu spirálové ploché třísky, 8. velice krátké spirálovité ploché třísky a 9. třída je tvořena třískami elementárními.



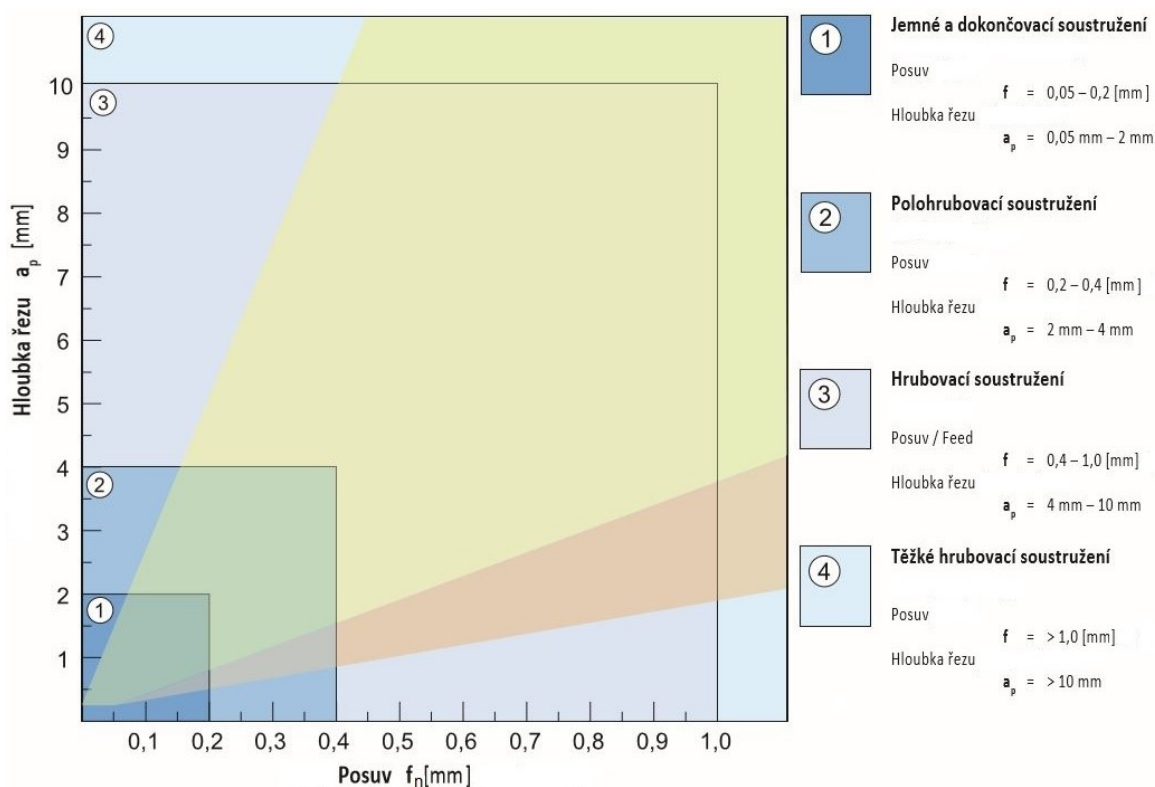
Obr. 5.1 Třídění třísek SECO [15]

5.1 Navržený typ VBD pro experiment

Pro jednotlivé zkoušky byla zkonstruována vyměnitelná břitová destička CNMM 120408 – SMUH, povlakovaná materiálem T9325. Její tolerované rozměry jsou znázorněny, viz obr 5.2. Úloha vybraného druhu utvařeče je vymezena jen na jisté rozmezí řezných podmínek. Z těchto příčin jsou určité utvařeče navrhovány do komplexních řad, které umožňují pokrytí úplného pásma nejpoužívanějších sestav hloubka řezu – posuv, viz obr. 5.3. Platí, že činné zóny jednotlivých částí této řady se překrývají. VBD je konstruována pro polohrubovací operace.



Obr. 5.2 Tolerované rozměry VBD CNMM 120408 [3]



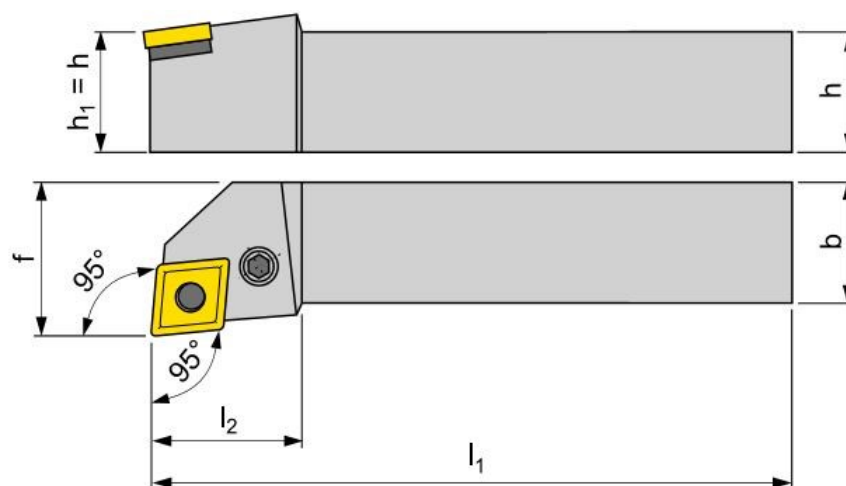
Obr. 5.3 Pásma řezných podmínek [3]



Obr. 5.4 Testované prototypy VBD, zprava P01, P02, P03 a P04

5.2 Nožový držák PCLNR/L 2525 M 12

Pro praktickou část bakalářské práce je použit nožový držák pro vnější soustružení s upínáním ISO P, tvarem destičky C, tvarem nože L, úhlem hřbetu N tedy $\alpha_n = 0^\circ$, pro oboustranné destičky, výška a šířka držáku jsou shodné a to 25 mm, délka držáku je 150 mm tedy označení M, velikost destičky 12 mm, viz obr. 5.6. Tento typ nožového držáku, je standardně nabízen v katalogu firmy Pramet Tools.

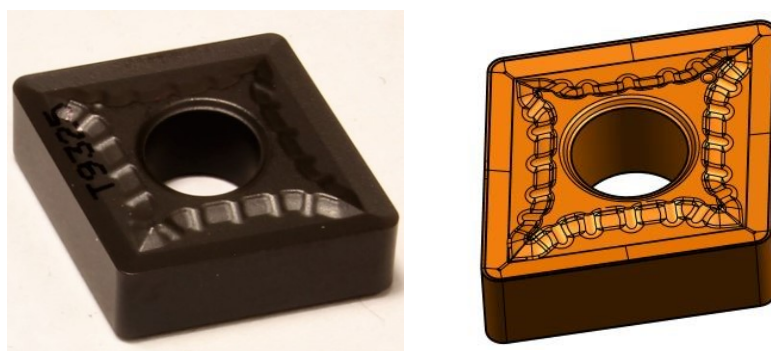


Obr. 5.5 Rozměry držáku PCLNR/L [5]

ISO	R/L	Rozměry / Rozmery								kg	ND	VBD VRD	
		h=h ₁	b	f	l ₁	l ₂			λ _s [°]				γ _o [°]
PCLNR/L 2020 K 12	● / ●	20	20	25	125	36			-6	-6	0,42	PC22	CN.. 1204..
PCLNR/L 2525 M 12	● / ●	25	25	32	150	36			-6	-6	0,68	PC20	CN.. 1204..
PCLNR/L 3225 P 12	● / ●	32	25	32	170	36			-6	-6	0,85	PC20	CN.. 1204..
PCLNR/L 3225 P 16	● / ●	32	25	32	170	40			-6	-6	1,10	PC40	CNM. 1606..
PCLNR/L 3232 P 19	● / ●	32	32	40	170	45			-6	-6	1,40	PC50	CNM. 1906..
PCLNR/L 4040 R 19	● / ●	40	40	50	200	45			-6	-6	2,60	PC50	CNM. 1906..
PCLNR/L 4040 S 19	● / ●	40	40	50	250	45			-6	-6	3,15	PC50	CNM. 1906..
PCLNR/L 4040 S 25	● / ●	40	40	50	250	45			-6	-6	3,20	PC60	CNM. 2509..
PCLNR/L 5050 T 25	● / ●	50	50	60	300	50			-6	-6	5,80	PC60	CNM. 2509..

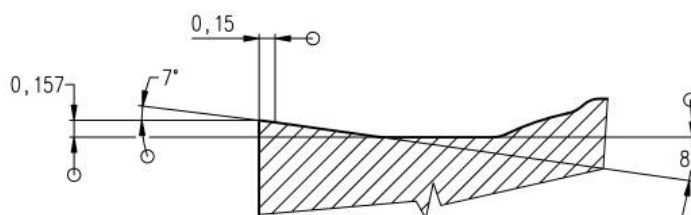
Obr. 5.6 Rozměry držáku PCLNR/L 2525 M 12 [5]

5.3 VBD CNMM 120408 – SMUH – P01



Obr. 5.7 VBD CNMM 120408 – SMUH – P01 [15]

Jako první byla zkoušena vyměnitelná břitová destička CNMM 120408 – SMUH – P01, která má úhel utvářeče 8° , viz příloha A. Směr utváření třísky, a její odchod, byl v tomto případě standardní, mezi zkušebním válcem a destičkou na stěnu obráběcího centra. Při malých hodnotách posuvu nebyla tříska utvářena, a to ani v případě větší hloubky řezu, která velmi přesahovala šířku fazetky $x = 0,15$ mm. VBD začala utvářet až při posuvu $f_n = 0,3$ mm a minimální hloubce řezu $a_p = 1,5$ mm. Poté bylo utváření uspokojivé.



Obr. 5.8 Detail průřezu CNMM 120408 – SMUH – P01 [15]

Chipforming - turning- idea																		
Project	604 088	Krahula	Date:	23.02.2017	Wrote:	Krah., Bedn.	Operator:	Daniel	Machine:	S80i/1000								
Insert:	CNMG 120408-SMUH-P01	Sorte	T9325	Mat.	12050.9	Vc =	140m/min	dry	κ =	95°	φ =	110						
Depth of cut ap [mm]	5,0					2	2	1-2	7	7	7,8							
	3,5					2	2	2	7,8	8,8S	8							
	3,0																	
	2,5					2	2	2	7	7,8	8S,8							
	2,0																	
	1,5					2	2	2	6,7	6,7	6,7							
	1,2																	
	1,0																	
	0,8					2	2	2	2,3	5	5							
		0,01	0,01	0,05	0,10	0,13	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,05	0,40	0,50
		1%	2%	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	100%	120%	140%	10%	80%	100%
Feed f [mm/rev]																		

Tvar třísky hodnocen podle třídění Seco : skupiny 1-5 představují nevyhovující tvar třísky, 6-9 vyhovující tvar (skupina 9 je tříska přetvářena)

T - tříska jde do plochy řezu (tvrdě) - chip is going hardly to the cutting surface

P - tříska jde do plochy řezu (větší ϕ), nejde tvrdě -- chip is going to the cutting surface (bigger f), not hardly

M - tříska utváří o neobrobenou část materiálu - chip is going to the not machined part of workpiece

B - spirála klouže po břitu - helix is sliding along the edge

R - spirála jde na hřbet a vrací se na břit (rozbíjí břit mimo záběr) - helix is going to the flank and then back to the edge (It is breaking up the edge)

S - spojené řetězce třísek - connected chips

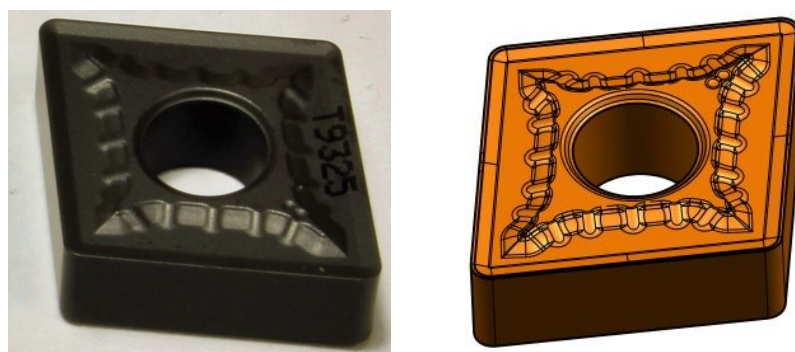
N - neutváří, nelze zařadit podle třídění Seco - It is not possible to classify according to SECO classification

Obr. 5.9 Průběh utváření CNMM 120408 – SMUH – P01

Chipforming - Vliv polohy břitu na utváření						
Číslo úkolu: 604 088		Datum: 22.2.2017		Zapsal:		Operator: Daniel
Destička: CNMM 120408-SMUH-P01		Kost: T9325		Materiál: 12050.9		Stroj: S80i/1000
				Vc = 140m/min Za sucha		κ = - φ = 110
5,0						
3,5						
2,5						
1,5						
0,8						
	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	
Posuv f [mm/ot]						

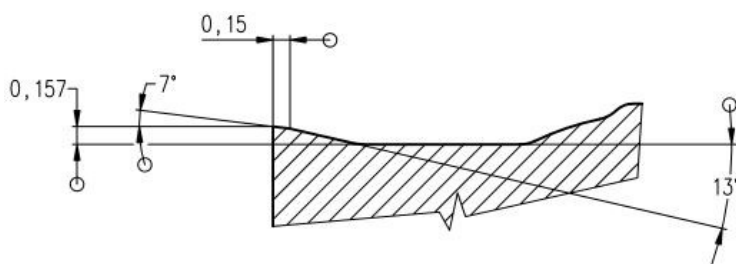
Obr. 5.10 Odebrané třísky vyhodnocené dle třídění SECO

5.4 VBD CNMM 120408 – SMUH – P02



Obr. 5.11 VBD CNMM 120408 – SMUH – P02 [15]

Druhou zkoušenou vyměnitelnou destičkou byla CNMM 120408 – SMUH – P02, která je zkonstruována s úhlem utvařeče 13° , viz příloha B. Je viditelné, že při malém posuvu do 0,15 mm a hloubce řezu a_p pouhých 0,8 mm VBD neutvářela, při vyšších hodnotách posuvu sice určitou snahu utvářet vykazovala, ale dosáhla pouze skupiny 5 tedy nevyhovující. Utváření bylo dosaženo při dalším postupu k vyšším hodnotám posuvu i hloubky řezu. Zajímavé ovšem je, že při hloubce řezu 5 mm, tedy hodnotě hrubovacích řezných podmínek, a posuvu 0,2 mm se vrací hodnoty do nevyhovujícího stavu, to jen potvrzuje konstrukci nástroje jako polohrubovacího.



Obr. 5.12 Detail průřezu CNMM 120408 – SMUH – P02 [15]

Chipforming - turning- idea																		
Project	604 088	Krahula	Date:	23.02.2017	Wrote:	Krah., Bedn.	Operator:	Daniel	Machine:	S80i/1000								
Insert:	CNMG 120408-SMUH-P02	Sorte	T9325	Mat.	12050.9	Vc =	140m/min	dry	κ =	95°	φ =	110						
Depth of cut a_p [mm]	5,0				2	2	2	7	7-8	7-8								
	3,5				2	2	7	7	7,8	8								
	3,0																	
	2,5				2	2	7	7	8,8S	8S,8								
	2,0																	
	1,5				2	2	6-7,7	7	7,7S	6,7,7S								
	1,2																	
	1,0																	
	0,8				2	2	2	4	5	5								
		0,01	0,01	0,05	0,10	0,13	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,05	0,40	0,50
		1%	2%	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	100%	120%	140%	10%	80%	100%
Feed f [mm/rev]																		

Tvar třísky hodnocen podle třídění Seco : skupiny 1-5 představují nevyhovující tvar třísky, 6-9 vyhovující tvar (skupina 9 je tříska přeutvářena)

T - tříska jde do plochy řezu (tvrdě) - chip is going hardly to the cutting surface

P - tříska jde do plochy řezu (větší ϕ), nejde tvrdě - - chip is going to the cutting surface (bigger f), not hardly

M - tříska utváří o neobrobenou část materiálu - chip is going to the not machined part of workpiece

B - spirála klouže po břitě - helix is sliding along the edge

R - spirála jde na hřbet a vrací se na břit (rozbíjí břit mimo záběr) - helix is going to the flank and then back to the edge (It is breaking up the edge)

S - spojené řetězce třísek - connected chips

N - neutváří, nelze zařadit podle třídění Seco - It is not possible to classify according to SECO classification

Obr. 5.13 Průběh utváření CNMM 120408 – SMUH – P02

Hodnocení tvaru třísky									
Chipforming - Vliv polohy břitu na utváření									
Číslo úkolu: 604 088		Datum: 22.2.2017		Zapsal:		Operator: Daniel		Stroj: S80i/1000	
Destička: CNMG 120408-SMUH-P02		Jakost: T9325		Materiál: 12050.9		Vc = 140m/min Za sucha		K = - Ø = 110	
5,0									
3,5									
2,5									
1,5									
0,8									
	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40				
Posuv f [mm/ot]									

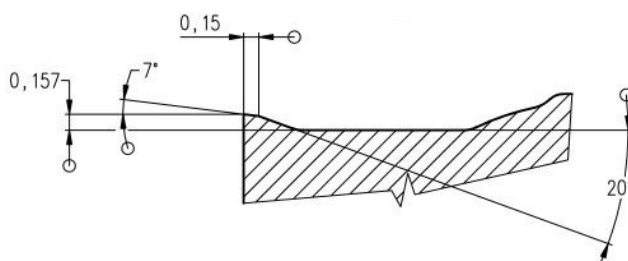
Obr. 5.14 Odebrané třísky vyhodnocené dle třídění SECO

5.5 VBD CNMM 120408 – SMUH – P03



Obr. 5.15 VBD CNMM 120408 – SMUH – P03 [15]

Dalším nástrojem, použitým při experimentu, byla vyměnitelná břitová destička CNMM 120408 – SMUH – P03 s úhlem utvařeče 20° , viz příloha C. Směr utváření a odchodu třísky byl v tomto případě kolmo na hřbet destičky, přímo na dveře obráběcího centra. Při malých hodnotách posuvu f_n do 0,15 mm a všech experimentálních hloubkách řezu tedy od 0,8 – 5 mm nástroj vůbec neutvářel. Tato VBD díky svému úhlu utvařeče 20° vykazuje určité náznaky toho, že dokáže zvládat i hrubovací řezné podmínky, např. při malé hloubce řezu 0,8 mm, ale vysokému posuvu, začíná mít téměř vyhovující třídy tvaru třísky, bohužel, ale nedokáže třísku lámat. Při posuvu 0,4 mm tedy přesné hraniční hodnotě, polohrubovací a hrubovací oblasti, se blíží tvar třísky oblasti 6. U posuvu 0,2 mm a hloubce řezu od 1,5 mm utváří ideální třísky až po hrubovací hodnotu hloubky řezu 5 mm. V těchto podmínkách odděluje nevyhovující třísku skupiny 2, ovšem produkuje zároveň třísku 7, každopádně v menší míře.



Obr. 5.16 Detail průřezu CNMM 120408 – SMUH – P03 [15]

Chipforming - turning- idea																												
Project		604 088				Krahula		Date:		23.02.2017		Wrote:		Krah., Bedn.		Operator:		Daniel		Machine:		S80i/1000						
Insert:		CNMG 120408-SMUH-P03				Sorte		T9325		Mat.		12050.9		Vc =		140m/min		dry		κ =		95°		φ =		110		
Depth of cut a_p [mm]																												
	5,0						2			2		2,7		7			7,8		7,8									
	3,5						2			2		7		7,8			8,9S		8									
	3,0																											
	2,5						2			2		7		8,8S			8,8S		8S,8									
	2,0																											
	1,5						2			2		7		7,8			7		7									
	1,2																											
	1,0																											
	0,8						2			2		2		5			5-6		5									
				0,01	0,01	0,05	0,10	0,13	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,05	0,40	0,50								
			1%	2%	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	100%	120%	140%	10%	80%	100%									
Feed f [mm/rev]																												

Tvar třísky hodnocen podle třídníku Seco : skupiny 1-5 představují nevyhovující tvar třísky, 6-9 vyhovující tvar (skupina 9 je tříska přeutvářena)

T - tříska jde do plochy řezu (tvrdě) - chip is going hardly to the cutting surface

P - tříska jde do plochy řezu (větší ϕ), nejde tvrdě -- chip is going to the cutting surface (bigger f), not hardly

M - tříska utváří o neobrobenou část materiálu - chip is going to the not machined part of workpiece

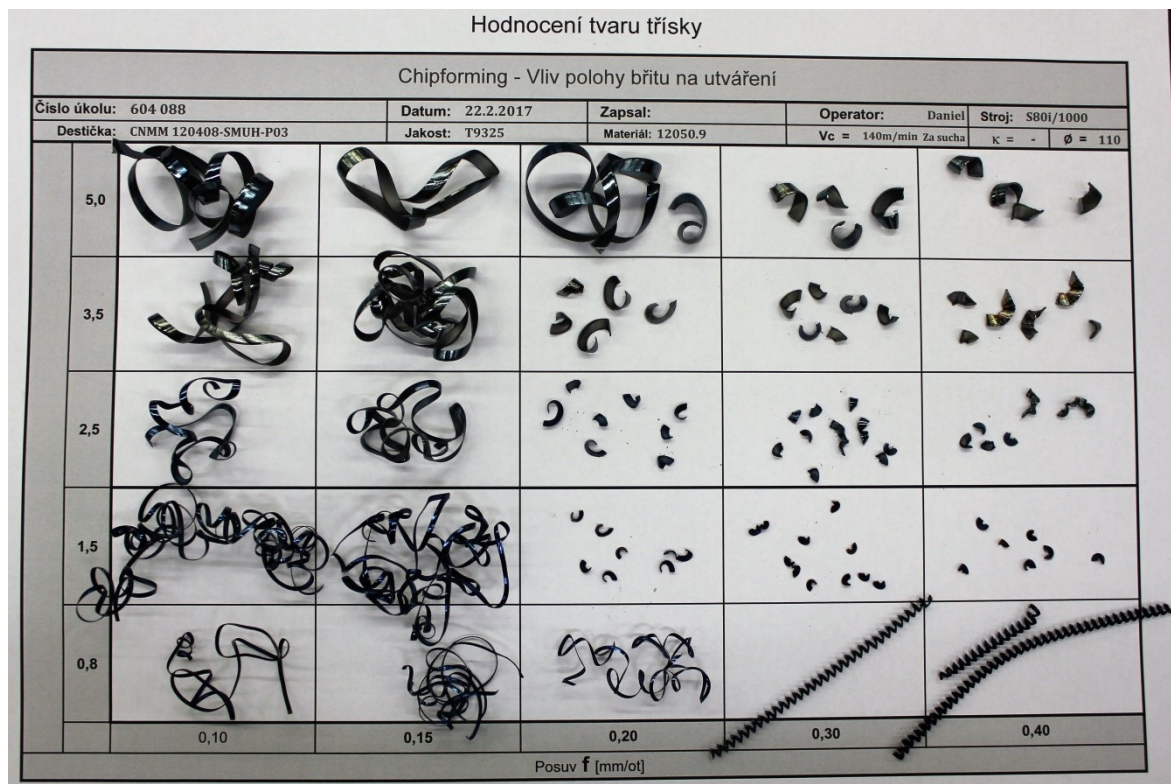
B - spirála klouže po břitě - helix is sliding along the edge

R - spirála jde na hřbet a vrací se na břit (rozbíjí břit mimo záběr) - helix is going to the flank and then back to the edge (It is breaking up the edge)

S - spojené řetězce třísek - connected chips

N - neutváří, nelze zařadit podle třídníku Seco - It is not possible to classify according to SECO classification

Obr. 5.17 Průběh utváření CNMM 120408 – SMUH – P03



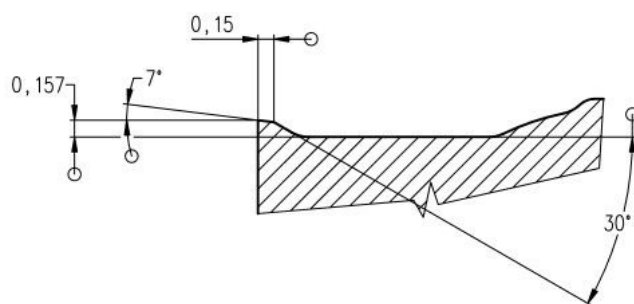
Obr. 5.18 Odebrané třísky vyhodnocené dle třídníku SECO

5.6 VBD CNMM 120408 – SMUH – P04



Obr. 5.19 VBD CNMM 120408 – SMUH – P04 [15]

Posledním zkoušeným nástrojem byla VBD CNMM 120408 – SMUH – P04 s úhlem svého utvařeče 30° , viz příloha D. Směr utváření a odvodu třísky, byl směrem od vyměnitelné břitové destičky pod úhlem 45° od soustruženého zkušebního válce. Tato VBD vyniká mezi ostatními zkoušenými břitovými destičkami velkou oblastí, ve které dokáže utvářet třísku. Na druhou stranu tvoří velké množství spojených třísek, což značí problémy s lámáním třísky. Jako jediná ze zkoušených VBD utváří při hloubce řezu 0,8 mm od hodnoty posuvu 0,15 mm a to v celé škále polohrubovacích rezných podmínek. V hodnotě 0,5 mm odděluje třísku skupiny 5. Dále se též odlišuje ve snaze utvářet při hodnotě posuvu 0,15 mm a hloubky řezu 1,5 mm.



Obr. 5.20 Detail průřezu CNMM 120408 – SMUH – P04 [15]

Chipforming - turning- idea																							
Project	604 088 Krahula					Date:	23.02.2017			Wrote:	Krah., Bedn.			Operator:	Daniel			Machine:	S80i/1000				
Insert:	CNMG 120408-SMUH-P04					Sorte	T9325			Mat.	12050.9			Vc =	140m/min dry			κ =	95°		φ =	110	
Depth of cut ap [mm]																							
	5,0					2		2	2 - 7		7			7, 8	7, 8								
	3,5					2		2	7		8, 7			8, 7	8, 8S, 7								
	3,0																						
	2,5					2		2	7, 7S		8			8, 8S	8, 8S								
	2,0																						
	1,5					2		2, 6 - 7	7		8			7	7, 7S								
	1,2																						
	1,0																						
	0,8					2		6, 5	6		6			5, 6	5								
				0,01	0,01	0,05	0,10	0,13	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,05	0,40	0,50			
				1%	2%	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	100%	120%	140%	10%	80%	100%			
	Feed f [mm/rev]																						

Tvar třísky hodnocen podle třídíku Seco : skupiny 1-5 představují nevyhovující tvar třísky, 6-9 vyhovující tvar (skupina 9 je tříska přetvářena)

T - tříska jde do plochy řezu (tvrdě) - chip is going hardly to the cutting surface

P - tříska jde do plochy řezu (větší ϕ), nejde tvrdě -- chip is going to the cutting surface (bigger f), not hardly

M - tříska utváří o neobrobenou část materiálu - chip is going to the not machined part of workpiece

B - spirála klouže po břitu - helix is sliding along the edge

R - spirála jde na hřbet a vrací se na břit (rozbíjí břit mimo záběr) - helix is going to the flank and then back to the edge (It is breaking up the edge)

S - spojené řetězce třísek - connected chips

N - neutváří, nelze zařadit podle třídíku Seco - It is not possible to classify according to SECO classification

Obr. 5.21 Průběh utváření CNMM 120408 – SMUH – P04

Hodnocení tvaru třísky									
Chipforming - Vliv polohy břitu na utváření									
Číslo úkolu: 604 088			Datum: 22.2.2017		Zapsal:		Operator: Daniel		Stroj: S80i/1000
Destička: CNMM 120408-SMUH-P04			Kost: T9325		Materiál: 12050.9		Vc = 140m/min Za sucha		κ = - Ø = 110
	5,0								
	3,5								
	2,5								
	1,5								
	0,8								
	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40				
Posuv f [mm/ot]									

Obr. 5.22 Odebrané třísky vyhodnocené dle třídíku SECO

5.7 Výsledky experimentální práce

Z naměřených dat, která byla porovnána dle třídy třísky z třídníku třisek SECO, vyplývá, že *VBD* CNMM 120408 – SMUH – P01, která má úhel utvařeče 8° , utváří třísku v malém spektru zkoušených hodnot. Při hodnotách posuvu dokončovacího soustružení, tedy do 0,2 mm vůbec neutváří. U polohrubování *VBD* utváří třísku velice dobře a zvládá i hrubovací hodnoty posuvu nad 0,4 mm. Naměřená data napovídají to, že malý úhel utvařeče tohoto typu, není vhodný pro dokončovací soustružení, ale je s ním možné hrubovat oceli skupiny P, podskupiny P2.

VBD CNMM 120408 – SMUH – P02, s úhlem 13° , je už univerzálnějšího použití než prototyp P01 a z výsledků je možné vidět, že schopnost utvářet třísku zasahuje i do hodnoty posuvu 0,2 mm, což je hraniční hodnota dokončovacího soustružení, a všech hloubek řezu při tomto posuvu, kromě 5 mm. Utváření této destičky má již uspokojivé hodnoty, tudíž vyplývá, že utvařeč s úhlem 13° je pro skupinu materiálu P lepší než utvařeč s úhlem 8° .

VBD CNMM 120408 – SMUH – P03 je víceméně naměřenými výsledky velmi podobná jako prototyp P02, je ale patrné, že došlo ke zdokonalení utváření v okrajových oblastech vlivu utváření. Posouzením těchto poznatků je jasné, že vyšší úhel utvařeče, v tomto případě 20° , je prospěšný a díky tomu *VBD* může být použita více univerzálně.

Poslední zkoumanou destičkou byla *VBD* CNMM 120408 – SMUH – P04, která má utvařeč konstruován s úhlem 30° . Tato destička se ukázala, jako nejuniverzálnější nástroj ze 4 zkoumaných *VBD*. Jako jediná dokáže utvářet při malých hloubkách řezu, 0,8 mm, ve všech polohrubovacích hodnotách posuvu, hrubovací hodnoty nad 0,4 mm ovšem při této hloubce řezu nezvládá. Mírnou nevýhodou jsou často objevující se spojené třísky, které značí problémy s lámáním třísky. I tak, ale vyšel prototyp P04 pro zkoušené hodnoty s nejlepšími výsledky díky své univerzálnosti a schopnosti utvářet třísku v největší oblasti zkušebních hodnot, od dokončovacího až po hranici polohrubovacího a hrubovacího soustružení. Z tohoto důvodu je možné usoudit, že pro polohrubovací *VBD*, konstruovanou s negativní geometrií a utvařečem třisek SM, je nejlepší úhel utvařeče spíše vyšší, blíží se 30° .

6. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout, zkonstruovat a otestovat (schopnost utváření a lámání třísky) čtyři oboustranné vyměnitelné břitové destičky, ze slinutého karbidu CNMM 120408 pro polohrubovací soustružení, stejné makro geometrie, utvařeče typu SM i vnějších rozměrů. Mikro geometrie destiček se ovšem mírně liší, hloubka žlábků utvařeče $h = 0,157$ mm, úhel $= 7^\circ$ a šířka fazetky $x = 0,15$ mm, zůstávají konstantní. Nicméně úhel utvařeče se liší, a to následovně $= 8^\circ, 13^\circ, 20^\circ$ a 30° . Díky tomu, že bylo nutné pro objektivitu výsledků zachovat stejný utvařeč, odlišuje se též šířka žlábků utvařeče, kterou přímo ovlivňuje právě jeho úhel.

Experiment byl prováděn na soustruhu firmy Kovošvit MAS, typ S80i, ve kterém byl ve sklíčidle upnut zkušební válec z konstrukční oceli 12050.9, která je tepelně upravená a liší se oproti oceli 12050 chemickým složením i tvrdostí. Tato ocel je používána pro větší stálost parametrů. Vyměnitelné břitové destičky se upnuly do identického nožového držáku PCLNR/L 2525 M 12, který je standardně nabízen v katalozích firmy Pramet Tools. Soustružení bylo uskutečněno bez jakéhokoliv řezného média, tedy na suchu. Řezné podmínky byly následující, řezná rychlost konstantní $v_c = 140 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, s každou VBD se postupně testovala v komplexních řadách hloubka řezu – posuv, hodnoty hloubek řezu byly následující $a_p = 0,8; 1,5; 2,5; 3,5; 5$ mm a posuvu $f_n = 0,1; 0,15; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ mm. I když se jedná o polohrubovací destičku, byla zahrnuta do výsledků hrubovací hodnota posuvu 0,5 mm, ale z kapacity formuláře do něj nebyla zařazena. Po jednotlivých testech v určité hloubce řezu a posuvu, byl stroj zastaven a odebral se vzorek všech typů obrobených třísek, které byly porovnány s třídíkem třísek SECO, položeny do kolonky ve formuláři, tento formulář má každá VBD vlastní. Třídy třísek se zapsaly do odlišné příslušné tabulky a pokračovalo se v experimentu. Při každém najíždění nástroje do obrobku, bylo nutné hlídat náběhovou třísku, která může poškodit správnost výsledků porovnávání třísek.

Z naměřených výsledků vyplývá, že prototyp VBD CNMM 120408 – SMUH – P01 s úhlem utvařeče 8° , není příliš vhodný pro soustružení materiálů skupiny P, podskupiny P2, ale je spíše vhodnější pro hrubování, protože utváří třísku v příliš malém spektru polohrubovacích hodnot. VBD CNMM 120408 – SMUH – P02, která má úhel utvařeče 13° již více naplňuje úlohu polohrubovací VBD, utváří v mnohem větším rozsahu hodnot než prototyp P02, značí ovšem mírné nedostatky na hranici hodnot svých možností utvářet.

VBD CNMM 120408 – SMUH – P03 s úhlem utvařeče 20° je předchozímu prototypu velmi podobná, ale tyto nedostatky ovšem nemá. Její schopnost utvářet třísku je velice uspokojivá, taktéž dobře láme třísku. Je očividné, že se zvětšujícím se úhlem utvařeče při této makro a mikro geometrii, je větší úhel utvařeče velice žádoucí. Poslední testovanou vyměnitelnou břitovou destičkou byla CNMM 120408 – SMUH – P04, jejíž úhel utvařeče činí 30° . Z výše uvedených výsledků je očekávatelné, že tato destička bude mít nejlepší hodnocení. Její rozsah utváření je mnohem větší než u prototypu P01 a rovněž P02 i P03. Dokáže utvářet i při velmi malých posuvech a některých hloubkách řezu, což ostatní *VBD* nejsou schopny. Prototyp P04 je vhodný k dokončovacím a polohrubovacím operacím, jeho schopnost utvářet končí na hranici polohrubovacích a hrubovacích hodnot posuvu a hloubky řezu. Při utváření tato *VBD* ovšem tvoří větší množství spojených třísek, než např. prototyp P03, to značí, že takto velká univerzálnost je vykoupena problémy s lámáním třísky.

Na závěr hodnocení bych chtěl dodat, že aby tento výzkum byl relevantní, bylo by vhodné zkonstruovat a vyrobit další vyměnitelné břitové destičky, s odlišnými typy utvařečů, jinou mikro a makro geometrií, aby bylo možné tyto výsledky brát jako objektivní.

Seznam použité literatury

- [1] *Dormer pramet*. In: Wikipedia: the free encyklopedia [online]. Wikimedia Foundation, last modified on 5. 12. 2016 [cit. 2017-1-16] Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Dormer_Pramet
- [2] BRYCHTA, J., R. ČEP, J. NOVÁKOVÁ a L. PETŘKOVSKÁ. *Technologie II*. 2. díl. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] PRAMET TOOLS. *Pramet 2016: katalog* [online]. Dormer Pramet, 2016 [cit. 2017-1-16]. Dostupné z: <http://www.dormerpramet.com/downloads/catalogue%20pramet%202016%20cz-en%20bookmarks.pdf>
- [4] DORMER PRAMET. *Teorie obrábění*. Šumperk: Dormer Pramet, rok neuveden.
- [5] PRAMET TOOLS. *Soustružení 2014* [online]. Šumperk: Pramet Tools, s.r.o., 2014 [cit. 2017-1-16] Dostupné z: <http://www.ilkametal.cz/sortiment/pramet/katalogy/turning-2014-cz.pdf>
- [6] SANDVIK COROMANT. *Soustružení tvrzených součástí pomocí CBN* [online]. Praha: AB Sandvik Coromant, 2012. [cit. 2017-1-16] Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/cs-cz/c-2940-137.pdf>
- [7] PRAMET. *Příručka obrábění 2004* [online]. Pramet, 2004. [cit. 2017-1-16] Dostupné z: http://www.isstechn.cz/objekty/prirucka_obrabeni.pdf
- [8] T-PROM s. r. o.. *Konstrukční ocel ČSN 12050* [online]. © 2009 - 2015 [cit. 2017-1-16] Dostupné z: <http://www.tprom.cz/wiki/ocel/12050>
- [9] MRKVICA, I. *Návody ke cvičení z obráběcích nástrojů*. 1. část. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1999. ISBN 80-7078-624-8.
- [10] AB SANDVIK COROMANT. *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. Přeložil Miroslav KUDELA. Praha: Scientia, 1997. ISBN 91-27 22 99-4-6.
- [11] *Sandvik Coromant: Metal cutting e-learning* [online]. [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/metal-cutting-e-learning/pages/default.aspx>

- [12] ZEMČÍK, O. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-214-2336-6.
- [13] DE VOS, P. *Mechanická zatížení a řezné geometrie při soustružnických operacích* [online]., [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/cs/CZ-Czech-Republic/Aktuality/TECHNICKE-LANKY/Mechanicka-zatieni-a-ezne-geometrie-pi-soustrunickych-operacich/>
- [14] SANDVIK COROMANT ACADEMY. *Training handbook* [online]. Šumperk: Sandvik Coromant, s.r.o., 2015 [cit. 2017-05-05] Dostupné z: http://sandvik.ecbook.se/se/us-en/training_handbook/
- [15] Interní zdroje firmy Pramet Tools
- [16] HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [17] JURKO, J., J. ZAJAC a R. ČEP. *Top trendy v obrábění*. II. /VI. část, Nástrojové materiály. Žilina: Media/ST, 2006. ISBN 80-968954-2-7.
- [18] KOCMAN, K. a J. PROKOP. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-3068-0.
- [19] KOUŘIL, K. *Návrh nové metodiky zkoušek řezivosti a stanovení aplikačních oblastí nově vyvíjených vyměnitelných břitových destiček*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2003.

Seznam příloh

Příloha A – výkres *VBD* CNMM 120408 – SMUH – P01

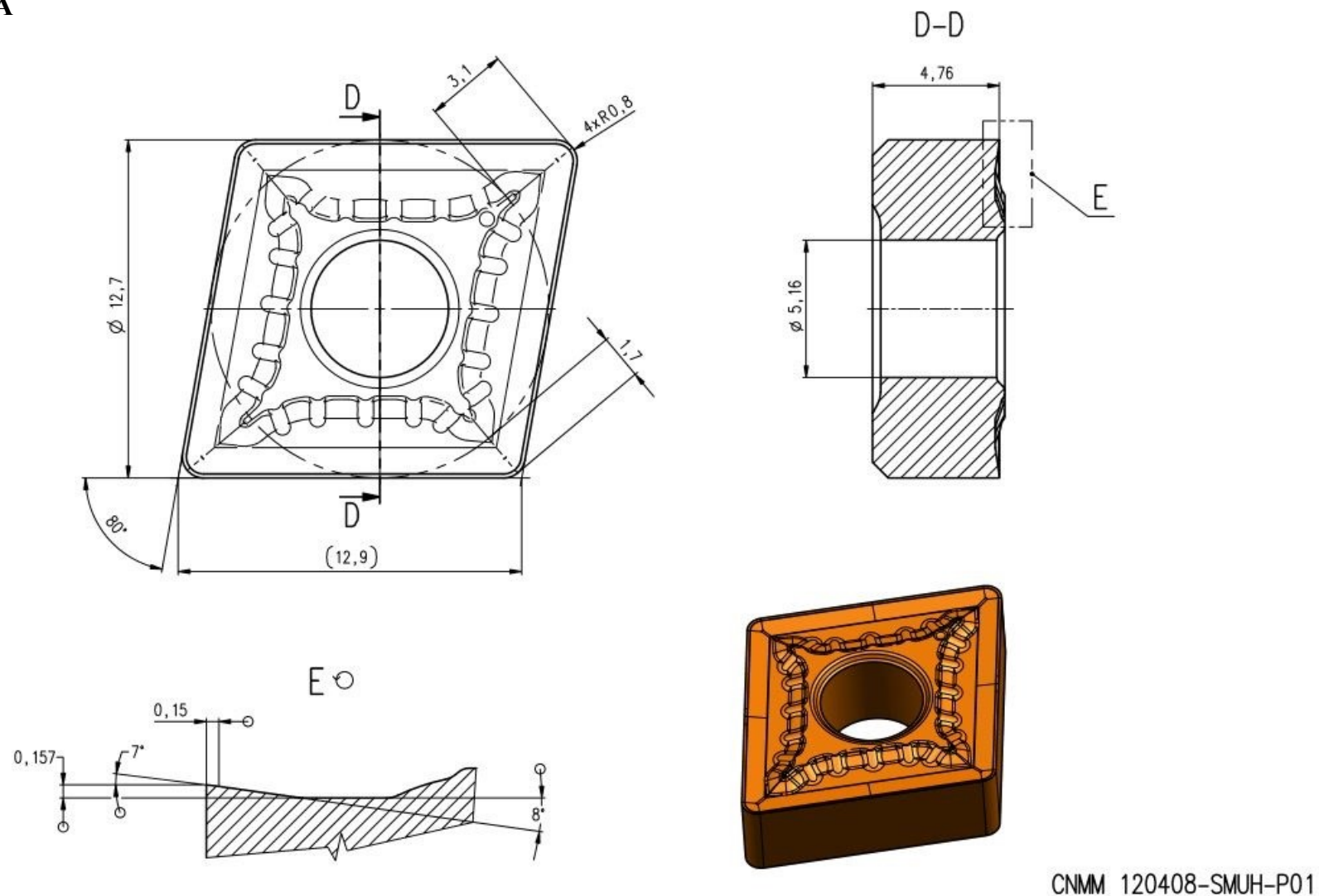
Příloha B – výkres *VBD* CNMM 120408 – SMUH – P02

Příloha C – výkres *VBD* CNMM 120408 – SMUH – P03

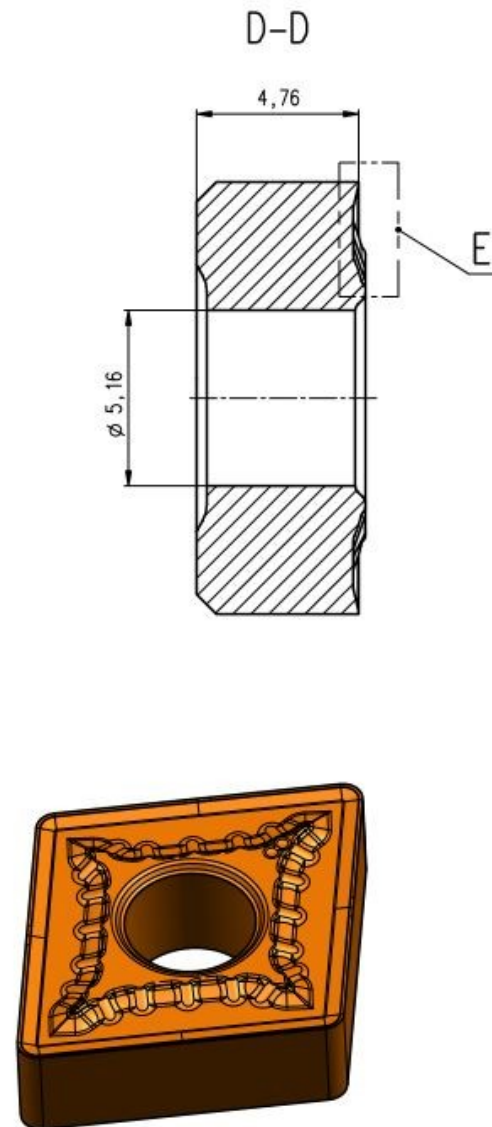
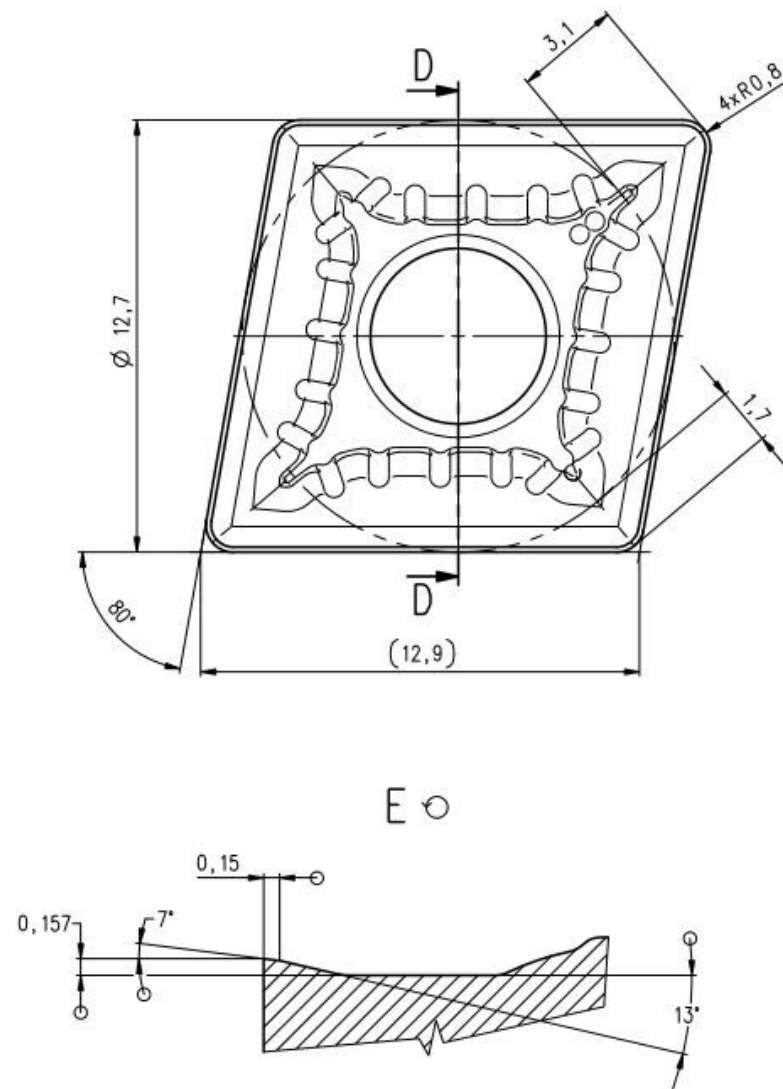
Příloha D – výkres *VBD* CNMM 120408 – SMUH – P04

Přílohy

Příloha A

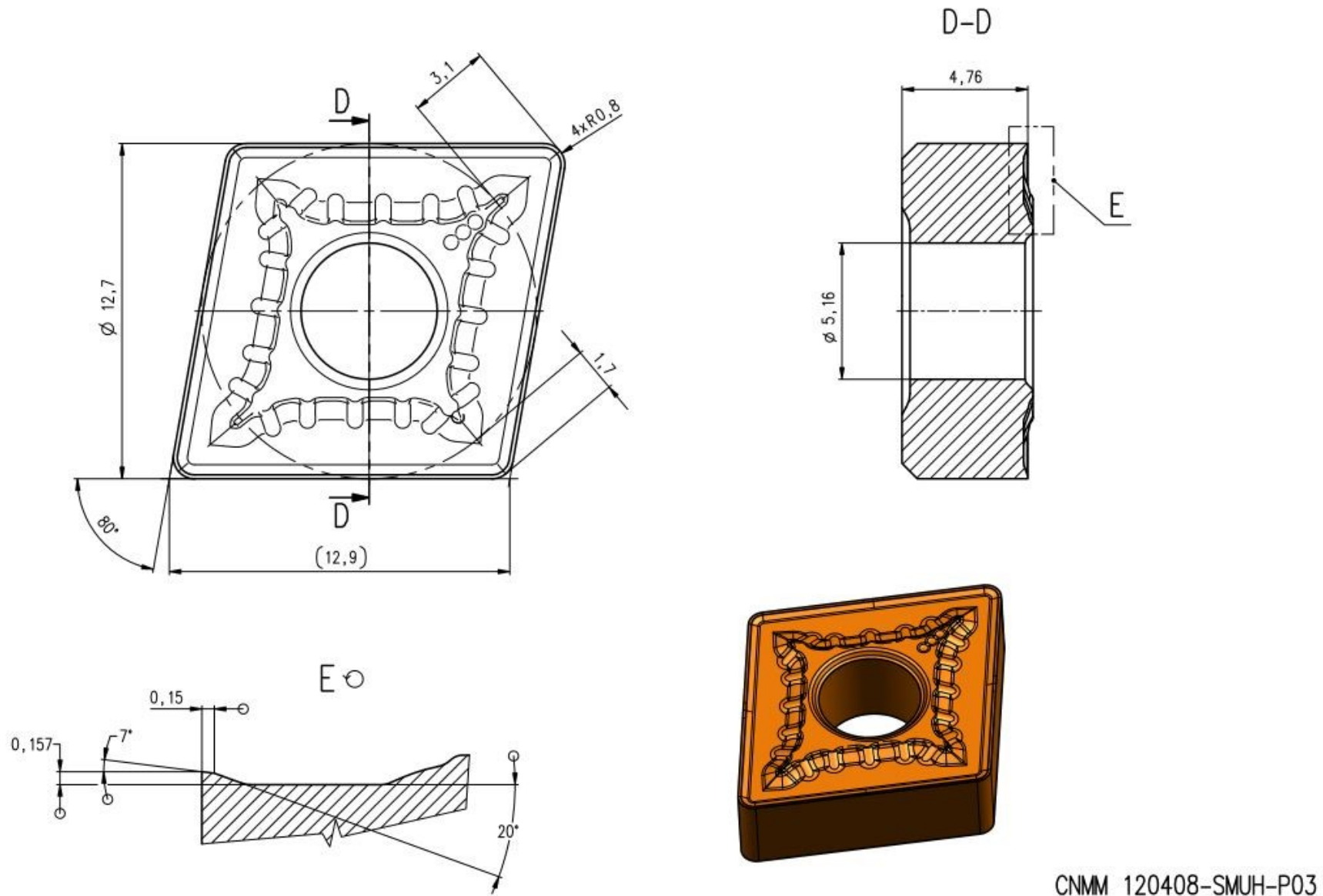


Příloha B



CNMM 120408-SMUH-P02

Příloha C



Příloha D

